صحيفة

بيان

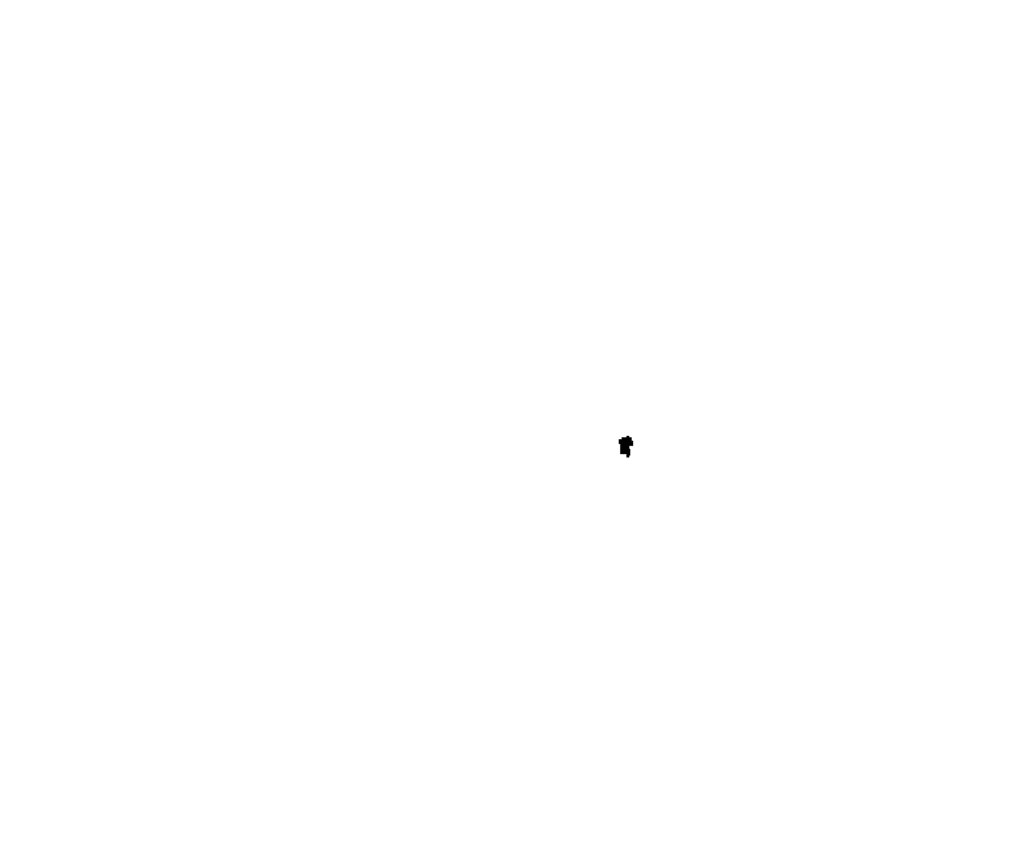
بيان مساحة

صحيفه

بيان قسمة

صحيفه

صحيفه



بيان الخطا والصواب من الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر المصون في تطبيق الهندسة على الفنون

خطا	صواب	صحيفه	سطر
خواصا	خواص	٦	٢٣
المقاس	المقيس	١١	٥
(شكل ٢٧)	(شكل ٢)	١١	٢٥
وحبل	اوحبل	١٦	١٩
٥د	٥ى .	۴٠	
ث	وث	٣٤	١
لاٴن	الاٴن	٢٨	٢١
مستغيم	مستقيم	٣٠	١٢
وقل اختلاف	واقل اختلاف	٣١	٨
م ا ب د ن	م ا ث د ن	٣٦	٧
و ه ح	و ه غ	٤١	٢
م ى ح	م رغ	٤١	٤
م رح	م رغ *	٤١	٦
و ب	ور	٤٢	٣
نقطة ح	نقطة ح	٤٢	٢٣
٥٥٧٦	٥١٧٦	٥٠	١٢
موضوعين	موضوعا	٧٥	٢۴
كشكل ا	كشكل ا	٨١	٥
الى ب ث د	الى ب ث ى	٨١	٢٢
ام	ام	٨٧	١٥
كان م ر	كان ه ر	٨٨	١٦
بينهما التناسب	بينهما التناسب	٩٠	٢١

خطا	صواب	صحيفة	سطر
مثلث اب ت	مثلث ا ب ش	٩٢	١٩
٥: ث	٥: ف	٩٦	٢٢
س ض ا	س ص آ	١٠٢	٦
ص د	ص ز	١٠٢	١٨
ل م ن ف	ل م ن و	١٠٣	١٨
(شكل ٢٨)	(شكل ٨)	١٠٦	٥
ن ح خ	ن ح خ م	١١٧	٩
ن و	ث و	١١٨	٢٦
ج ر	خ ر	١٢٠	٢
ح ر	خ ر	١٢٠	٦
القطاع الخشب	لقطاع الخشب	١٢٨	٥
و س	و ش	١٣٥	٢٢
بناء ذلك	بنا ذلك	١٣٦	٨
المجسمتين	المجسمتان	١٤٠	١٠
$\frac{٤}{٣}$	$\frac{١}{٣}$	١٤١	١٣
م ن ح ح	م ن ح خ	١٤٣	٨
ث	ث	١٤٥	٨
وتصفر	وتصغر	١٤٨	٢٤
ح ح د ص	ح خ د ض	١٥٤	٢٣
(شكل ١٧)	(شكل ١٨)	١٥٨	٢
(شكل ١٥)	(شكل ١٩)	١٥٨	١١
المسمى اواليافـ العين المشتبكة بالشبكية	المسمى بالشبكية اواليافـ العين المشتبكة	١٦٨	٣

خطا	صواب	صحيفه	سطر
ان انلحيط	ان نلحيط	١٩٢	١١
و٥ ٢	و٥ ٣	١٩٦	١٣
(شكل ٩)	(شكل ٦)	٢٠١	٤
٣٠٠	٣٠	٢٢٥	٦
والخاربور	والخابور	٢٣٨	٢
دف	دق	٢٤٣	٩
المتطرقة	المتطرقة	[illegible]	[illegible]
دائرة ا ب ث د	دائرة ا ب ث	٢٦١	٢٤

هـــــــــــــــــــــــــــــــــذا

الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر
المصون * فى تطبيق الهندسة
على الفنون * تعريب
عيسوى افندى
زهران



الحمد لله الذى امتد علمه بسائر الاشياء كل الامتداد * وتنزه عن ان تحصره اقطار وجهات وابعاد * احكم ما صنع * ووضعه على امتن اساس * واتقن ما ابتدع * لا على مثال ولا قياس * وغدت الافكار تهيم فى دوائر ملكوته فلم تدرك له غاية * ولم تقف له عند حد ولا نهاية * والصلاة والسلام على من براهين فصاحته قاطعه * ودلائل بلاغته قامعه * مركز محيط المآثر والمفاخر * منبع علوم الاوائل والاواخر * سيدنا محمد الذى خلق على احسن الاشكال * الجوهر الفرد الذى حل بالآيات البينات كل اشكال * وعلى آله واصحابه الذين اقاموا عماد الدين * على سطح مستو على الاستقامة متين * ثم الدعاء لحضرة فخر امرآء الزمان * وصدر اهل التمدن والعمران *

مجدد بنيان العلوم والفنون بعصرنا * بعد ان درست آثارها بمصرنا * رب المفاخر التى شهد بفضلها الخاص والعام * والمآثر التى تسمو على الثريا وتفاخر الغمام * خلد الله حكومته البهية * وبلغه كل القصد والامنية * ولازال باقيا عدله المنشور * الى يوم البعث والنشور * وبعد فيقول مترجمو هذا الكتاب لما كانت مدرسة الالسنه * حائزة من كل فن احسنه * وكنا ممن انتظم فى سلك تلامذتها شمرنا عن ساعد الجد والاجتهاد * وبذلنا كل الجهد فى تحصيل المراد * وعثرنا على ذلك بهمة ناظر تلك المدرسة التى سلكت بحسن ادارته * وفرط عنايته * منهج التقدم والنجاح * وسارت سير البدر فى غسق الدجا الى ظهور الصباح * حيث افرغ وسعه فى التعليم * وسلك طريق التفهم والتفهيم * كيف لا وقد جمع بين مرتبتى المعقول والمنقول * وحاز فضيلتى الفروع والاصول * حضرة رفاعة افندى * حفظه المعيد المبدى * فبعد ان تحققت الآمال * وجوزيت الاعمال * وكنا من زمرة رجال قلم الترجمه * الذى يأبى الله الان ناشر عدله وعلمه * ترجمنا من الفرنساوية الى العربية بامر من تغنت بمدحه الورق على الايك * مدير ديوان عموم المدارس ادهم بيك * الفائز بالمحاسن العلمية والعملية * المستوى على المعارف الكلية والجزئية * فى العلوم الرياضية وغير الرياضية * كتابا فى تطبيق الهندسة والميكانيكه على الحرف والصنايع والفنون المستظرفة تحت رياسة رب الذكاء الرائق * والفهم الفائق * من فاق الاقران * فى حومة الميدان * وبرع فى الفنون الهندسية * ومهر فى العلوم الرياضية * حضرة محمد بيومى افندى * وبتصحيحه لما يخص الهندسة مع ملاحظة واطلاع حضرة الافندى ناظر المدرسة والقلم المذكور المشار اليه فنا عيسوى زهران افندى ترجم الجزء الاول والسيد صالح افندى الجزء الثانى ومحمد افندى الحلوانى الجزء الثالث ولما تهيأ للتمام * ولبس طراز الختام * وسميناه بكشف رموز السر المصون * فى تطبيق الهندسة على الفنون * فجاء بحمد الله مرتب المعانى * مهذب المبانى * يشهد لايام ولى النعم بانها غرر فى وجوه الايام * شهادة صدق لايعتريها نقض

ولا ابرام * وبالجملة فصاحب السعادة لا تنكر همته * ولا تبارى فى تقويم اود الملك رغبته * فهو جدير بما قاله فيه * الافندى مترجم الجزء الثانى المشار اليه * تطريزا لاسمه من بعض ما يجب لدولته عليه * مع تلقيبه بقطب دائرة الوجود * رب الاحسان والجود

قد طاف بى طيف الخيال السارى * ودنا الوصال وفزت بالاوطار
طفقت بى الاحشاء من فرط الجوى * تنقاد نحو طوالع الاقمار
بشرى لقلب فاز منها بالمنى * وسعت اليه بجيشها الجرار
دعنى عذولى لا تلمنى فى الهوى * واترك ملامى فى الغرام ودار
أأتيت من شرع الهوى برسالة * فى العذل تعذل صبوتى وتمارى
يكفيك ما قد حل بى من هجره * فسواى فى حب الملاح يمارى
رام السلو لمن احب عواذلى * والقلب لا ينفك فى تذكار
تاهت عقول ذوى الهوى فى حسنه * وسقاهم فى الحب كاس عقار
ان لم يجد لى بالوصال فاننى * باق على عهدى بلا انكار
لا انثنى للغير عند صدوده * كلا ولا اصبو لذات سوار
والله ما اسلو هواه وان سلا * وصبا دلالا منه للاغيار
جار العذول واننى جار على * حكم المحبة بعد بعد الجار
والدمع سال ومهجتى تلفت على * من حسنه يجلو دجى الاسحار
دل السقام على الغرام ولوعتى * من بعد ما قد اخفيت اسرارى
ريم برى الاحشا بسيف لحاظه * كالداورى بسيفه البتار
بيت المكارم قطب دائرة العلا * عين الوجود ومركز الاخيار
ان سل فى الهيجاء عضبا صارما * باء العدا بمذلة وصغار
لله در اميرنا من فارس * فى الحرب يبرى خصمه ببوار
اضحت به مصر عروس زمانها * ومن الفخار دثرت بدثار
حوت الكمال وفاقت الامصار اذ * بعزيزها افتخرت على الاقطار
سر الورى من فى الوغى قطع العدا * ولكم برى من فارس جبار

اعديه

افديه من بطل اعاد لمصرنا * شمس المعارف في علو نخار
نشرت تواريخ الافاضل فضله * فبذكره ينجاب كل غبار
وله من الاشبال نجل ناجب * يخشاه كل غضنفر كرار
الهازم الاعداء ابراهيم من * فتحت له ابواب كل حصار
لم لا يفوق الكل وهو اخو العلا * نور الزمان وصفوة الابرار
جلت مناقبه عن الاحصاء اذ * سارت مفاخره بكل ديار
واختص بالنصر الذي بهر العدا * فخاره عن كل عار عاري
دانت رقاب مخالفيه لامره * وروت علامشواهد الآثار
مازال في الاقبال طول حياته * وعدوه مازال في ادبار
حاز الفخار طريفه وتليده * وسواه في كسب المفاخر طاري
ملأ القلوب مهابة وكأنه * عند التحام الحرب ليث ضاري
دلت مآثره على عزماته * أنى سواه يكون للاخطار
عباسهم بالجود يبسم والندا * فخر الاماجد كامل المقدار
ليث اذا عظم النزال غضنفر * اضحت دماء عداه كالانهار
يفتر ثغر الدهر عن احسانه * ومديحه يجلو قذى الابصار
بسعيدهم سعد الزمان واهله * والبر فاض وعم كل بحار
اما حسين فانه يجني من التعليم روضا يانع الازهار
شرف الزمان به ومن عبد الحليم غدا رفيعا طيب الاخبار
اكرم بهم من فتية حازوا العلا * ايسوغ اقطع عنهم اشعاري

وهذا اوان التعريب * بعون القريب المجيب

الجزء الاول

(تطبيق الهندسة والميكانيكة على الحرف والصنايع والفنون المستظرفة)

(الدرس الاول)

فى الخط المستقيم والزوايا والخطوط العمودية والمائلة

علم الهندسة يبحث فيه عن قياس الامتداد وتقويم نسبه
والامتداد هو الابعاد الثلاثة التى هى الطول والعرض والعمق
وتكون هذه الابعاد الثلاثة فى جميع الاجسام التى تحتوى عليها الطبيعة
وفى سائر الاجسام التى تعمل بواسطة الصناعة وهى موجودة كذلك فى كل
مسافة فارغة او مشغولة بجسم ما

سطح الجسم يتركب من جميع النقط التى تفصل هذا الفراغ المشغول بهذا
الجسم عما بقى من الفراغ المذكور

وبناء على ذلك يكون بالضرورة للسطح المذكور طول وعرض دون عمق حيث
ان النقط الداخلة فى سمك الجسم ليست جزأ من سطحه

ويطلق الخط على النقط المتتابعة الفاصلة لجزئ سطح جسم ما ومنه الخط
الهندسى وهو ما اشتمل على الطول دون العمق والعرض ويحتوى الفراغ الذى
يشغله جسم ما فى وقت معلوم على جميع ابعاد هذا الجسم ويمكن تصور ذلك
تصورا تاما عند قولبته فى قالب ونزعه منه

وبذلك يتصور الانسان المسافة المشغولة بهذا الجسم بمجرد النظر الى ذلك
القالب مثلا اذا رأينا علبة فارغة محتوية على جزء من الفراغ فاننا نعرف
ان صورة هذا الجزء الفراغى هى فى الحقيقة الصورة الداخلية للعلبة

فعلى ذلك تكون الخواص الهندسية المنسوبة لابعاد الجسم منسوبة ايضا
لابعاد هذا الفراغ المشغول بهذا الجسم ومثل ذلك خواص سطوح
الاجسام تكون خواص الجزء الفراغ المشغول بهذا السطح فى وقت معلوم

فلذلك كان المهندس المشتغل بالهندسة العلمية لا يعتبر جسما من الاجسام
بخصوصه ولا سطحا من السطوح بخصوصه ليتوصل الى معرفة النسب

الموجودة

الموجودة فى ابعاد هذا الجسم وسطحه وانما يتصور فى الفراغ جزء الجسم وسطحه لان هذين الشكلين يكفيان فى الدلالة عليه ولوان فى مثل هذا بعض صعوبة الا انه يمرن العقل ويقوى الفكر وينشأ عنه فوائد عظيمة لمعرفة الهندسة العلمية والعملية وبناء عليه ينبغى ان تعود التلامذة على ذلك شيأ فشيأ وان نبين لهم الاختلاف اللازم الموجود بين الاجسام على اعتبار المهندس العلمى والمهندس العملى ولا مانع من ان تتصور فى الهندسة اجساما متداخلة فى بعضها بحيث انها تشغل كلها او بعضها جزأ من الفراغ فى آن واحد وذلك غير ممكن فى الهندسة العملية وبالجملة فلا يمكن ان الاجزاء المادية لجسمين تشغل معا مسافة واحدة ولو ظهر وقوع ذلك لفهم منه ان اجزاء احد الجسمين المادية تدخل فى فراغ الآخر مثال ذلك ادخال الماء فى السفنجة وسيأتى لنا كون هذه الملحوظات لازمة لفهم حركة الآلات ونتائجها

فاذا فرض ان الجسم ينقص شيأ فشيأ من ابعاده الثلاثة التى هى الطول والعرض والعمق فانه يقرب شيأ فشيأ من النهاية الوهمية وهى النقطة الهندسية التى باعتبارها يؤول كل بعد من هذه الابعاد الى صفر

وفى الفنون يطلق اسم النقطة غالبا على اجزاء السطح او الجسم اللذين ليس لهما سوى الابعاد الصغيرة جدا كنقط الكتابة ونقط الخطوط النقطية فى الرسوم الهندسية وغيرها بالحبر وبالقلم الرصاص ونقط الحكاكة او فى غرزة الخياط وهلم جرا

والنقطة ايضا تتصور من نهاية الاشياء المحددة كالمنقاش حيث ان هذه النهاية لا سمك لها محسوس ومن الضرورى تعود التلامذة على معرفة اعتبارات النقطة بطرق متنوعة فى الهندسة المحضة وتطبيقاتها

ولاجل سهولة علم الهندسة نتكلم اولا على الخطوط ثم على السطوح ثم على الاجسام التى تسمى حجوما بالنظر للفراغ الذى تشغله وصلبة اذا كان لها اشكال يمكنها البقاء عليها بنفسها اعنى ان لا تكون مظروفة فى ظروف او بين حوائف حاجزة مثل النبيذ فى القزاز والماء فى مجرى الانهار والبرك والبحار

وغير ذلك

ويفرض فى علم الهندسة ان جميع الاجسام صلبة اى مجسمة او ان اشكالها منضبطة التغير داخلة تحت قاعدة او حد عند ممارسة المهندس لها

واسهل سائر الخطوط واكثرها استعمالا فى الفنون هو الخط المستقيم وهو الذى يقطعه الانسان فى اقرب زمن عند اتباعه اتجاها واحدا لانه اقصر بعد بين نقطتين

وكما انه لا يوجد بين نقطتين طريقان مستقيمان كل واحد منهما اقرب بعد من احدى النقطتين المذكورتين الى الاخرى لا يمكن كذلك رسم خطين مستقيمين بين نقطتين معلومتين فحينئذ لو فرض ان خطين مستقيمين اتصلا بهاتين النقطتين لاتحدا معا وصارا خطا واحدا فاذا فرض ان هذين الخطين المستقيمين رسما على جسمين وانطبق نقطتان من الخط الاول على نقطتين من الخط الثانى فانه عند انطباق هذين الخطين على بعضهما يتحدان معا ويصيران خطا واحدا وتستعمل خاصة هذا الخط المستقيم فى الصناعة على حالتين

اولاهما لاجل الوقوف على صحة خط مرسوم بواسطة خط آخر معلوم الاستقامة يكفى انطباق الثانى على الاول فى نقطتين وينظر هل يطابقه فى جميع نقطه ام لا فاذا لم يطابقه يكون الخط المعلوم غير مستقيم وعلى ذلك يلزم تصحيحه

ثانيتهما لاجل رسم الخطوط المستقيمة نستعمل لرسمها اجساما لها ضلع او عدة اضلاع مستقيمة كالمساطر والقلابات

ولذلك نضع المسطرة او القلابة على السطح الذى ينطبق فيه الخط المستقيم المصنوع بالمسطرة او القلابة انطباقا كليا فى جميع نقطه لانه لا يمكن بدون ذلك رسم خط مستقيم على اى سطح كان ثم نرسم بقلم رصاص او منقاش او اى آلة سوآء كان طرفها محددا او قاطعا خطا يمس بالمسطرة او القلابة فبهذا يصير الخط المرسوم مستقيما

وهذا هو سبب كون قطاع القزاز يقطع على هيئة خط مستقيم بمسطرته وقلمه المنتهى بقطعة من الالماس الواح القزاز المربعة التى يريد وضعها

وينبغى للانسان اذا اراد رسم خط بين نقطتين مفروضتين ان يضع المسطرة بالتساوى على هاتين النقطتين بحيث تكون قريبة بحسب ما يقتضيه سمك القلم الرصاص او المنقاش الذى يرسم به ثم يجعل المسطرة ثابتة ممتدة الرسم بحيث يكون القلم الرصاص او المنقاش مماسا دائما للمسطرة

وعند ابتداء التلامذة فى رسم الاشكال الهندسية يلزمهم الانتباه والزمن ليرسموا خطا مستقيما مع غاية التدقيق ويكون ذلك بواسطة القلم الرصاص لانه يحدث عندهم وقت الرسم بالحبر صعوبة اكثر من الطريقة الاولى حيث انهم يجعلون للخطوط التى يرسمونها عرضا صغيرا فاذا كان هذا العرض كبيرا انتج منه اتلاف الرسم وبالجملة فيلزم تمرين هؤلاء التلامذة على كونهم لا يعطون للخطوط التى يرسمونها الاسمكا ضروريا لتكون مشاهدة

ولنشرح الآن عرض الخطوط الجارية فى الفنون ونبتدئ اولا بالتكلم على الخط المستقيم كما بدأنا بالكلام على النقطة فنقول

قد عرّف المهندسون ان هذا الخط له طول فقط دون عرض وعمق وفى الواقع ان كل الخطوط المستعملة فى الفنون لها عرض ومن جملتها الخطوط التى يرسمها المهندسون

ويطلق اسم الخط فى الصناعة غالبا على تجويفات او نقوش ضيقة قليلة العمق وكثيرة الطول بحيث تقرب من الخط الذى يتصوره المهندسون كخطوط الاستحكامات الخفيفة التى بها يحيط المحاصرون او المحاصرون محلا

والخط عند ارباب الكتابة والطباعة الفرنساوية يطلق على السطر فهو تسلسل كلمات مجتمعة وموضوعة كلها على استقامة واحدة وسمكه يساوى ارتفاع الحروف وهو صغير جدا بالنسبة لطول هذا الخط

وهو عند الحبالة حبل قليل السمك بالنسبة لطوله فيلزم جعل هذا الخط او الحبل من جملة آلات الهندسة العملية المستعملة فى الفنون ويكون للحبل المشدود الطرفين صورة مستقيم بقطع النظر عن ثقله مثلا اذا كان الحبل المشدود من طرفيه موضوعا على السطح الذى يراد عليه رسم خط مستقيم

فانه يلون بشيء ابيض او احمر او غير ذلك ثم يشد ويرخى فبارتخائه يرسم على السطح الخط المستقيم المطلوب

ولننبه الطالب ايضا على خواص الخط المستقيم كما نبهناه على خواص النقطة بان يميز الخطوط الوهمية الهندسية والخطوط العملية وسيرى فى احوال كثيرة ان تقدمات الفنون تقرب شيأ فشيأ فى عمليات الصناعة من ذلك التصور الهندسى الذى ينبغى للتلامذة معرفة طبيعته وخواصه ولكن يلزم ان يعطى لهم قبل الوصول الى ذلك تصور السطح الذى يرسم بخط مستقيم وهو السطح المستوى المسمى ايضا المستوى فقط فنقول

اذا وضع فى جهة ما خط مستقيم على سطح مستو وكانت نقطتا الخط المستقيم متحدتين مع المستوى فجميع نقط هذا الخط تكون متحدة ايضا مع السطح

ويستعمل المستوى فى الفنون لصناعة الخط المستقيم وكذلك يستعمل الخط المستقيم لصناعة المستوى وسيظهر لك ذلك تفصيلا عند ذكر السطوح خصوصا (راجع الدرس السادس)

واغلب الرسوم الضرورية للفنون والحرف يرسم على مستو مجهز قبل ذلك وقد يستعمل فى الرسوم الصغيرة ورق او عاج وفى الرسوم الجسيمة يجهزون لها غالبا لوحة متسعة كما ان مهندسى السفن يمدون لوحا كبيرا على قدر طول اسفل المركب وهو المسمى بالارنيك واما النجارون وقطاع الخشب فانهم يصنعون رسمهم على سطح حائط مستو واما المهندسون فانهم يرسمون اشكال القناطر على سطوح افقية من الجص ولا يتحققون صحة الرسم الا اذا كان السطح المستوى صحيح الاستوا بحيث ان الخط المستقيم الموضوع عليه يتحد معه فى جميع نقطه

(بيان اقيسة الطول)

قد يستعمل الخط المستقيم الذى هو اقصر بعد من نقطة الى نقطة ثانية لقياس المسافة القصيرة المنحصرة بين نقطتين

ويستعمل هذا الخط ايضا لقياس الابعاد الاعتيادية للاجسام وبهذه

الطريقة يقيسون ابعاد كتلة خشب او بيت او سفينة او غير ذلك
ولاجل مقابلة هذه الاقيسة المتنوعة بعضها يلزم ان ناخذ منها واحدا ونجعله احاد قياس لها وننظر كيف يتكرر هذا الاحاد في الشئ المراد قياسه فاذا كان يتكرر فيه ١ او ٢ و ٣ و ٤ و ٥ مع الصحة فلا صعوبة في العملية وليس كذلك فيما اذا بقي من الخط المقاس جزء يكون اقل من الطول المأخوذ احادا فحينئذ يؤخذ هذا الاحاد ويقسم الى اجزاء متساوية مثل ١٠ و ١٠٠ و ١٠٠٠ ثم نبحث عما يحتوى عليه الخط المستقيم المعد للقياس من العشرات او المئين والالوف من احاد القياس

(بيان المقياس)

المقياس خط مستقيم مثل $\overline{اب}$ شكل (١) موضوع عليه عدة احاد القياس وتقسيمات هذه الاحاد وقد تفيدنا الهندسة العلمية طريقة استعمال هذه المقاييس ورسمها بغاية الضبط وهي من العمليات المهمة في اشغال الصناعة التي ينتج منها النجاح لضبط القياس (راجع الدرس الخامس)
ومن الضروري لارباب الفنون ان يكونوا محترسين على خط مستقيم منقسم على حسب القياس المقبول عند كافة الناس كالاقيسة القديمة مثل القدم والهنداسة والجديدة كالمتر المتجزء على مسطرة
وقد تشترى الصنايعية غالبا آلات ومقاييس غير مضبوطة التقسيم وقريبة الخلل بثمن بخس مراعاة للوفر الذي في غير محله فمن المستحسن للصنايعية ان يشتروا دائما المقاييس والآلات العظيمة المضبوطة من كل جنس لان الفوائد التي تعود على اشغالهم من حسن الالات تعوض عليهم المصرف الذي بذلوه في ثمنها وسنتكلم في كثير من المواضع على حقيقة ذلك
ويجب علينا بعد اعتبار الخط المستقيم منفردا ان نعتبر عدة خطوط مستقيمة بالنظر لاوضاعها فنقول
اذا فرضنا ان مستقيم $\overline{ابس}$ (شكل ٢٧) يدور حول نقطة $\overline{ا}$

الثابتة ويأخذ على التوالى اوضاع اث اد اه الخ ففى هذه الحركة يبعد الخط المذكور شيأ فشيأ من وضعه الاصلى وهو اب س ويسمون بالزاوية انفراج ب اث او ب اد او ب اه من خط الى آخر ونقطة ا التى يمتد منها خطا اب و اث تسمى راس الزاوية وخطا اب و اث هما ضلعا الزاوية ويسمون فى بعض الاوقات الزاوية الواقعة بين ضلعى اب و اث زاوية ا فقط وفى الغالب يقولون بزاوية ب اث بشرط ان يكون حرف ا الذى هو راس الزاوية بين حرفى ب و ث الموجودين فى ضلعيها وحين يدور خط اث (شكل ٢) حول راس ا يصل الى وضع ام المقابل لخط اب فاذا استمر على الدوران فانه يقرب من اب من الجهة المنعكسة الى ان يعود ثانيا على اب بعد أن يدور دورة كاملة ومن المعلوم ان مستقيم اس دار فى وضع ام نصف دورة من اب وبالجملة اذا انثنى الجزء الاعلى من شكل ب ام ه على جزئه الاسفل فان الاول ينطبق على الثانى انطباقا كليا

وفى الحركات العسكرية بعد اصطفاف العساكر اعنى وضعها على خط مستقيم وتوجيهها الى جهة قد يحتاج فى الغالب اتجاهها الى الجهة المقابلة للاولى فحين يصدر الندا بعمل نصف دورة الى الجهة اليمنى ففى وقتها يدور كل واحد من العساكر على احد كعبيه المشار اليه بحرف ا (شكل ٣) ولكيلا يحصل خلل فى هذه الحركة يضع العسكرى القدم الاخر المعبر عنه بحرف ب خلف الاول (شكل ٤) ويدور حينئذ على كعبيه دورة كاملة ويكمل كل واحد من هذين القدمين نصف دورة (شكل ٥) ويصير القدم الذى كان جهة الخلف الى جهة الامام ويصير على الصف الاول (شكل ٦) فاذا ادار العسكرى ثانيا نصف دورة فانه يجد نفسه فى اتجاهه

الاصلى

الاصلى وتكمل دورته حينئذ

واذا اعتبرنا الزاويتين الحاصلتين من مستقيمى ا ث و د ا ب كما فى (شكل ٧) وجدنا احداهما وهى ب ا ث صغيرة والثانية وهى ث ا د كبيرة ومجموعهما يساوى نصف دورة من دوران خط ا ث من ابتدا ا ب الى ا د واذن تكون زاوية ب ا ث هى التى تنقص من زاوية د ا ث لتكون نصف دورة كاملة وكذلك زاوية د ا ث هى الناقصة من زاوية ب ا ث لتحدث نصف دورة كاملة فلذا يقال ان زاوية ب ا ث هى المتممة لزاوية د ا ث وكذلك زاوية د ا ث هى المتممة لزاوية ب ا ث

واذا فرضنا ان زاوية ب ا ث تريد لكون خط ا ث يبعد عن خط ا ب فان زاوية د ا ث المتممة تنقص ويأتى وقت تزداد فيه زاوية ب ا ث وتنقص فيه زاوية د ا ث الكبيرة حتى يصير الزاويتان متساويتين (شكل ٨) وكل من هاتين الزاويتين المتساويتين تسمى زاوية قائمة فاذن تكون الزاوية القائمة نصف دورة من الدوران الكامل اعنى ربع دورة

ثم ان زاوية ب ا ث القائمة او د ا ث (شكل ٨) او ربع الدورة هى الزاوية التى يحتاج الى احداثها او قياسها فى جميع الاوقات لاجراء جملة عظيمة من اشغال الفنون

ويستعملون غالبا فى الحركات العسكرية ربع الدورة الذى يسمى ربع قلبة ومتى لزم انقلاب البلوك المصطف على اتجاه ا ب (شكل ٨) من هذا الوضع الى وضع ا ث العمودى فانه يدور وينقلب حول نقطة ا ويحدث دورة وانقلابا تاما حتى يرجع الى وضعه الاول اذا دار دائما الى جهة واحدة

ولا يحدث الاربع دورة لكى يصل الى الوضع الاول العمودى ويحددون بجهة هذه الحركة بان يأمروا بالدوران الى الجهة اليمنى او اليسرى

واذا فرضنا حينئذ خطين آخرين مستقيمين كخطى م و ن و و ل (شكل ٩) و (١٠) اللذين وجدلهما وضع و ل حيث ان زاويتى ن و ل و م و ل متساويتان اقول ان هاتين الزاويتين يصيران متساويتين للزاويتين الاوليين وهما ب ا ث و ث ا د (شكل ٨) اللتان اطلق عليهما فيما سبق اسم الزاويتين القائمتين

ولبيان ذلك نضع مستقيم د ا ب (شكل ٨) على خط م و ن (شكل ٩) بحيث يتحدان فى جميع نقطهما كاتحاد الخطين المستقيمين وتقع نقطة ا على نقطة و فحينئذ ينبغى ان ضلع ا ث يقع بالصحة والضبط على ضلع و ل واذا قدرنا لخط ا ث (شكل ٩) وضعا آخر وكان واقعا على يسار و ل فمن المعلوم ان زاويتى ث ا ب و ث ا د لكونهما متساويتين لايمكن ان تكون زاوية م و ل الزائدة بزاوية ث و ل عن الاولى وزاوية ن و ل الناقصة عن الثانية بنفس زاوية ث و ل متساويتين بخلاف ما اذا وقع خط ا ث (شكل ١٠) على يمين و ل فان زاويتى ب ا ث و د ا ث حيث انهما متساويتان فلا يمكن ان تكون زاوية م و ل التى هى اصغر من زاوية د ا ث مساوية لزاوية م و ل التى هى اكبر من زاوية ب ا ث فبناء على ذلك لايمكن وقوع خط ا ث على يمين و ل ولا على يساره

بل

بل يقع بالتدقيق عليه كلية فالزوايا القائمة المتألفة من جهة من مستقيمي ات و ب د ومن جهة اخرى من مستقيمي و ل و م ن المتغايرين تكون كلها متساوية دائما

وهذه هي القاعدة الاولى التي ينبني عليها استعمال المسطرة المثلثية وهذه المسطرة مركبة من مسطرتين قائمتين مثل اب و ات (شكل ١١) الثابتتين في نقطة ا بحيث يتركب منهما زاوية قائمة فاذا اردنا ان نرسم من نقطة و (شكل ١٢) خط و ل بان يجعل بينه وبين خط م و ن زاويتين قائمتين نضع ضلع ات من المسطرة على طول خط و ن بشرط ان نقطة ا تقرب بقدر الامكان من نقطة و ثم نرسم مستقيم و ل بالطرق الاعتيادية فيكون هو الخط المطلوب

فاذا استعمل ارباب الصنائع مسطرة غير كاملة الضبط فان جميع عملياتهم تكون عرضة للخلل فبناء على ذلك يجب عليهم غاية الاهتمام بضبط المسطرة المثلثية التي يستعملونها في اشغالهم وبالجملة فلا شيء اسهل من ذلك

(امتحان صحة المسطرة المثلثيه)

لاجل ضبط مسطرة ب ا ت (شكل ١١) نبتدئ بان نرسم مع الضبط مستقيم م و ن (شكل ١٣) على سطح مستو ثم نضع ضلع ات بأقرب ما يكون على طول و ن ونرسم خط و ل على طول اب وبعد ذلك نقلب المسطرة المذكورة ونضعها على ب ا ت مع وضعنا ا ت على طول و م وننظر ما يكون اتجاه الضلع الثاني وهو ا ب اولا اذا وقع على خط و ل المرسوم كانت المسطرة مضبوطة ثانيا اذا لم يقع الضلع الثاني على و ل كانت غير مضبوطة وتكون الزاوية

الناتجة عنها صغيرة جدا ثالثا اذا تجاوز الضلع الثانى خط ول فهى غير مضبوطة ايضا وتكون الزاوية الحادثة منها كبيرة
وسترى الطرق التى يمكن ارباب الصنائع استعمالها لضبط المسطرة التى ليست مضبوطة

ثم ان نجارى الترسانة يسمون بالمسطرة المتحركة آلة صورتها س ص ز (شكل ١٤) يسهل بها اخذ قياس جميع الزوايا ونقلها وهذه الآلة مركبة من مسطرتين يدوران على مدار واحد لا يخرجان عنه بحيث يمكن بواسطتها تكوين جميع الزوايا كبيرة اوصغيرة
وتحديهم فى انضمام هاتين المسطرتين لكيلا تدور احداهما على الاخرى من غير ان يحصل لهما بعض احتكاك وان يحفظ موضعهما الاصلى متى امكن فتح الزاوية التى يصنعانها اوقفلها مع السهولة ويرى على مقتضى ماذكرانه يسهل نقل زاوية ما كزاوية ب ا ث (شكل ١٤) من ابتدا نقطة و (شكل ١٥) بان يؤخذ ضلع ول من زاوية ل ون الجديدة التى يلزم ان تساوى زاوية ب ا ث

وتحرر المسطرة المتحركة بحيث ان ضلعى س ص و ص ز يتبعان استقامتى ا ث و ا ب (شكل ١٤) ثم تنقل تلك المسطرة على (شكل ١٥) بشرط ان لا يحصل تغير للزاوية المصنوعة ونضع س ص على ول فحينئذ ادارسم ابقلم رصاص اومنقاش وحبل خطا مستقيما مثل خط وم على امتداد ضلع ص ز تصير زاوية م ول مساوية لزاوية ب ا ث

(بيان تطبيق الاجسام على بعضها)

ويجب

ويجب التنبيه على الطريقة التي نستعملها هنا لتركيب الزوايا او لتحقيق تساويها بان نضع المسطرة المثلثية على الاشكال ونضع الاشكال على بعضها ونستعمل هذه الطريقة في عدة من عمليات الصناعة وجملة من البراهين الهندسية فنقول انه متى وضع شكل على آخر وانطبقا انطباقا كليا في جميع ابعادهما كانا متحدي الصورة والقدر ويكونان متساويين بالكلية ويحدث منهما شكل مساو لشكل آخر على هذا الوجه فلذا يضع الخياطون ونحوهم الارانيك على الاقمشة التي يريدون تفصيلها مع غاية الصحة بحسب محيط هذه الارانيك التي على هيئة الاشكال اللازم تصورها او وضعها

ومتى حدث من خط اث (شكل ١٦) وخط د ا ب زاويتان قائمتان كزاويتي ب اث و ث ا د كان خط اث عمودا على خط د ا ب فبناء على ذلك تنزل عمود اث على مستقيم د ا ب بوضع ضلع ص ز من المسطرة المثلثية التي هي س ص ز على استقامة اب ونرسم مستقيم اث على استقامة ضلع س ص وسنشرح طرق الرسم الخطوط العمودية فنقول

اننا اذا ثنينا شكل ١٧ الى اثنين بشرط ان يكون مستقيم اب ه هو فاصل الثني اى الحد المشترك بين الاثنين بحيث ان زاويتي اب ل و اب ث متساويتان نضع مستقيم ب ث على ب د فاذن تنطبق زاوية ث ب ه على زاوية د ب ه مع الضبط فتكون هاتان الزاويتان الاخيرتان متساويتين كالزاويتين الاولين وحينئذ متى تقاطع خطان مستقيمان وكان من جملة الزوايا المتألفة من تقاطعهما زاوية قائمة فان الثلاثة الاخر تكون قائمة كذلك وبناء على ذلك يكون كل من جزءي اب و ب ه الذي هو احد الخطوط المستقيمة عمودا على الآخر

ومن المفيد ان نبرهن انه لا يمكن ان ننزل من نقطة ب (شكل ١٨) الا بعمود ب ا على مستقيم د ا ث المفروض

ولاثبات ذلك نفرض انه يمكن مد عمودى ب ا و ب د من نقطة ب على نفس هذا المستقيم الذى هو د ا ث ونمد ب ا بشرط ان يكون خط ا ـ مساويا لخط ا ب ثم نصل مستقيم د ـ ونثنى جزء د ا ث ـ جميعه على د ا ث ب فحيث ان زاويتى ـ ا ث و ب ا ث متساويتان فيكون خط ا ـ موضوعا على ا ب ونقطة ـ على نقطة ب ويكون خط د ـ موضوعا على د ب واذن زاوية ا د ـ تكون مساوية لزاوية ا د ب القائمة فيكون خط د ـ على ذلك جزأ من عمود د ب فينتج من هذا انه يمكن رسم خطين مستقيمين مثل ـ ا ب و ـ د ب بين نقطتى ـ و ب وهذا مستحيل

وجميع هذه المقدمات مذكورة فى شأن الزوايا القائمة فلنتكلم الا ن على الزوايا المائلة فنقول

اذا تركب من مستقيمى ث د و ث ب (شكل ١٩) زاويتان متباينتان تكون احداهما اصغر من قائمة ا ث ه والاخرى اكبر منها فالصغرى تسمى زاوية حادة وتسمى الكبرى زاوية منفرجة

فمن المعلوم ان هاتين الزاويتين يشغلان المسافة التى حول نقطة ث جهة ضلع ا ب كما ان قائمتى ا ث ه و د ث ه يشغلانها فيكون حينئذ مجموع حادة ب ث د ومنفرجة ا ث د مساويا لزاويتين قائمتين وذلك انك تجد بالسهولة ان حادة ب ث د تساوى زاوية قائمة ناقص

دشه وان منفرجة اشد تساوى زاوية قائمة زائد دشه فاذن يكون مجموعهما مساويا لزاويتين قائمتين

ولنفرض الآن اننا نمد خط دش الى شف ونقابل زاويتى اشف و بشف بالزاويتين الاوليين

فينتج لنا اولا ان زاويتى اشد و بشد الناتجتين من خط شد و خط اب المستقيم يساويان زاويتين قائمتين وبناء على ذلك تكون زاوية بشد مساوية لزاويتين قائمتين ناقص اشد ثانيا ان زاوية اشد وزاوية اشف الحادثتين من خط اش الواقع على خط اشف يساويان زاويتين قائمتين فتكون زاوية اشف مساوية لزاويتين قائمتين ناقص اشد وينتج من ذلك ايضا ان كلا من زاويتى بشد و اشف تكون مساوية لزاويتين قائمتين ناقص اشد ونثبت بمثل ذلك مساواة زاويتى اشد و بشف المتقابلتين فى الرأس كالزاويتين الاوليين

وحينئذ اذا تقاطع خطان مستقيمان فانه يحدث منهما اربع زوايا فيكون اولا مجموع الزاويتين المتجاورتين مساويا لزاويتين قائمتين ثانيا الزوايا المتقابلة فى الرأس متساوية

ويمكن الآن المقابلة بين الاعمدة والخطوط المائلة فنقول

اننا اذا وصلنا من نقطة ما كنقطة د (شكل ٢٠) خطا مستقيما مثل ده الى مستقيم اب وكانت زاويتا اده و دهب غير قائمتين فيكون خط ده ليس عمودا على خط اب بل يكون مائلا عليه وزيادة على ذلك اذا وصلنا خط دش عمودا على خط اب فان الزاوية الاخيرة

مرزاويتى ا ه د و ب ه د المقابلة لخط د ث تكون حادة والاخرى منفرجة

فالان اذا اطولنا خط د ث الى نقطة ى بشرط ان يكون خط ث د مساويا لخط ث ى ورسمنا ايضا خط ه د المستقيم ثم ثنينا الجزء الاسفل من الشكل بتدويره كالولب على ا ب فخط ث ى يقع على ث د ونقطة ى تقع على نقطة د وحيث ان زاويتى ب ث د و ب ث ى متساويتان فاذن ه ى يساوى ه د وزيادة على ذلك يكون خط د ه ى المنكسر اطول من خط د ث ى المستقيم المرسوم بين طرفى د و ى فحينئذ يكون نصف د ه ى الذى هو مائل د ه اطول من نصف د ث ى وهو عمود د ث

فهذه هى الخاصية العامة لمستقيم د ث (شكل ٢٠) العمودى على مستقيم آخر كمستقيم ا ب وهو انه يكون اقصر من كل خط مائل مرسوم من نقطة د وهى نهاية العمود الواقع على هذا المستقيم الذى هو ا ب ولما كان خطا د ث و د ه يقيسان الابعاد التى بين نقطة د ومستقيم ا ب نشأ عن ذلك انه لاجل الانتقال من نقطة الى خط مستقيم يكون اقصر بعد هو العمود النازل من هذه النقطة على ذلك المستقيم

وهذه هى احدى الخواص الشهيرة النافعة لتطبيق اصول الهندسة على الفنون

وكثيرا ما يحتاج الانسان الى البحث عن استخراج المسافات الصغيرة والسطوح القليلة الامتداد والجحوم الصغيرة بشروط معلومة لكن قل ان يسهل عليك استخراجها وحيث ان مسائل هذا الترتيب ينبنى عليها اختصار عمليات

الصناعة

الصناعة وجب علينا ان نشتغل بها كثيرا و نبذل كل الجهد في اظهار سرها فنقول

لنفرض الان (شكل ٢١) اننا انزلنا خط د ب عمودا على ا ث فينتج من ذلك ان ب ا يساوي ب ث فنقول ان الخطين المائلين النازلين من نقطة د الى نقطة ا ومن نقطة د الى نقطة ث يكونان متساويين وذلك اننا اذا ثنينا جزء ب د ث على جزء ب د ا واعتبرنا عمود ب د لوليا فمن حيث ان زاويتي ا ب د و ث ب د القائمتين متساويتان فان خط ب ث يقع على خط ب ا وتقع نقطة ث على نقطة ا فاذن يكون خط د ث مساويا لخط د ا وبناء على ذلك كل خطين مائلين على بعد واحد من العمود يكونان متساويين

(عملية تصحيح الخطوط العمودية)

كان الرسامون والنجارون وقطاعو الخشب وصناعو الارانيك وغيرهم يستعملون هذه الخاصية بكثرة متى ارادوا امتحان عمودية خط على آخر هل هي صحيحة او لا بدون استعمال المسطرة المثانية فكانوا يقيسون مع الضبط طولي ب ا و ب ث المتساويين بالابتداء من خط ب د الذي يريدون تحقيق وضعه ثم يقيسون ايضا بمسطرة او باي آلة بعد نقطتي ا و د وهو طول خط ا د المائل ويضعون هذا الطول على خط د ث بالانتقال من نقطة د فان انطبق بالكلية على نقطة ث فان خطي ا د و د ث المائلين يكونان متساويين ويكون ب د عمودا على خط ا ث

ومتى اريد تحقيق وضع عمودية خط ب د على خط ا ب ث فانه لا ينبغي

ان تجعل خط د ا المائل قريباً كثيراً من ذلك العمود لانه لو قرب كثيراً من نقطة ب لكان الخلل المحسوس فى وضع هذا العمود لا ينشأ عنه خلل الا شئ يسير فى طول خط د ب المائل و يصير العمل عرضة للخلل وكذلك يتولد الخلل من وضع الخطوط المائلة بعيدة كثيراً عن العمود وخير الاوضاع ما يقرب من الاوضاع التى تكون فيها خطوط

اب و ب ث و ب د متساوية

فبمثل هذه الاحتراسات التى يعمل بها لهذا الغرض فى كل حالة بخصوصها يمكن ارباب الصنائع ان يعطوا الرسومهم وعماراتهم وآلاتهم درجة الضبط اللازمة للصناعة الكاملة

ولا يكفى البرهنة على ان الخطوط المائلة اطول من الخطوط العمودية وانما يلزم البرهنة الجيدة على ان الخطوط المائلة تكون كثيرة الطول كلما بعدت عن الخط العمودى

وبيان ذلك ان نقول (شكل ٢٢) انه اذا كان خط و د عموداً على خط و ب كان اقصر خطى د ث و د ب المائلين هو اقربهما من العمود لاننا اذا رسمنا خط ث ك عموداً على د ث نتج بهذا السبب ان د ث اقصر من د ك ومن باب اولى اقصر من د ب

وستقف على حقيقة هذه الخاصية فى ميكانيكة العمليات الجمة فاذا فرضنا قرب جسم ب (شكل ٢٣) من ا ب العمودى على ب م وفرضنا كذلك ارتباط هذا الجسم بحبلى ب ا و ب ث ثم جذبنا الاول من نقطة ا والثانى من نقطة ث لاجل تنقيص المسافتين الحاصلتين بين هاتين النقطتين والجسم فيلزم ان الجسم يتقدم شيأ فشيأ بشرط ان ينشأ عنه عدة خطوط مثل ا بَ ثم ا بً و ث بَ ثم ث بً الخ الآخذة

في الميل شيأ فشيأ وهي التي تصير بهذا السبب قصيرة جدا وبالعكس اذا اردنا ابعاد جسم ب عن ا ث فاننا نستعمل قضبانا غير لينة من الحديد او الخشب لتحركه الى السير من نقطتي ث و ا ونضع هذه القضبان وضعا يزيد في الميل شيأ فشيأ وكذلك تجعل لها طولا كبيرا اما بين نقطتي ب و ا او بين ب و ث

(الدرس الثاني)

في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية والمائلة

يكون الخطان المستقيمان متوازيين اذا لم يتلاقيا عند امتدادهما من الجهتين مهما امكن

فعلى ذلك يمكن ان نرسم من نقطة ا (شكل ١ وشكل ٢) مستقيما مثل ا ب الذي اذا امتد من طرفيه لا يلاقي خطا آخر مستقيما كخط ث د فحينئذ يكون موازيا له وبالجملة لا يمكن ان نمد من نقطة ا الا خطا واحدا موازيا لخط آخر

ولاجل ايجاد خط ا ب يلزم ان نرسم من نقطة ا خط ا ث عمودا على خط ث د ثم نرسم كذلك ا ب عمودا على ا ث فيصير حينئذ خط ا ب موازيا لخط ث د وذلك لانه اذا تلاقى خطا ا ب و ا ث في نقطة واحدة امكن تنزيل عمودين من تلك النقطة المفروضة على خط ا ث المستقيم وهذا غير ممكن *(كما في الدرس الاول)*

ولنبرهن الآن على ان كل خط مثل ا ه يقطع ث د فنقول مهما كانت زاوية ب ا ه صغيرة فانه يجب علينا عند تدوير ا ه حول نقطة ا لبعده عن ا ب ان نكرر زاوية ب ا ه مرارا عديدة لكي تملأ المسافة المنحصرة في ربع دور ب ا ث ولكن اذا اخذنا

عدة نقط بقدر ما يمكن مثل ب ث١ و ث٢ ث٣ و ث٤ الخ المتباعدة عن بعضها

بمسافة مساوية لمسافة ث ا ثم اقمنا اعمدة ث١ د١ و ث٢ د٢ و ث٣ د٣ و

و ث د الخ فتقسم هذه الاعمدة بغد ب ا ث١ ث٢ ث٣ الى

مسافات متوازية مسطحها كمسطح ا ب ث د فحينئذ يمكن رسم مسافات

كثيرة العدد بقدر ما يوجد من الزوايا الصغيرة مثل ب ا ه و ه١ ا ه٢ و ه٣ ا ه٤

و ه ا ه الخ فى زاوية ب ا ث ث١ القائمة فادن تكون المسافة

المشغولة بمسافة ب ا ث د الخ اصغر من المسافة المنحصرة فى زاوية

ب ا ه ولو بلغت هذه الزاوية فى الصغر ما بلغت وبهذا السبب يقطع خط ا ه

المستقيم الممتد خط ث د وبدون ذلك يلزم ان تكون مسافة ب ا ه

التى هى جزء من ب ا ث د اكبر من مسافة ب ا ث د وهذا

غير ممكن

ومن هنا ينتج انه اذا كان مستقيمان مثل مستقيمى ا ب و ث د

متوازيين وكان احدهما عمودا على خط آخر ثالث مثل ا ث كان الاخر

عمودا على هذا الخط الثالث

ويستعملون فى فن الرسم ورسوم التجارة هذه الخاصية الموجودة فى المتوازيات

فيصنعون آلة تسمى تاء الانهام مركبة من جزئى م ن و و ح (شكل ٣)

المجمعين على شكل حرف التاء الفرنساوية ويضعون فرع م ن كثيف

السمك والبارز من اسفل على امتداد ا د من لوحة ا ب ث د

ولما كان الفرع الآخر الذى هو و ح عمودا على الاول نشأ عن ذلك

ان خطى ا ب و ه ف المستقيين المرسومين على امتداد فرع

و ح

و ح يكونان متوازيين
واذا اريد تنظيم الجيوش العسكرية صفاصفا اعنى بلوكات متوازية مثل
$\overline{\text{ا ب}}$ و $\overline{\text{ث د}}$ و $\overline{\text{ه ف}}$ الخ (شكل ٤) فانهم يضعون ادلة
ا و ث و ه و غ على خط مستقيم وابعاد متساوية ثم يصفون
كل بلوك اصطفافا عموديا على مستقيم $\overline{\text{ا ث ه غ}}$ الخ فيتحقق حينئذ
ان البلوكات موازية لبعضها
ويستعملون فى الفنون بكثرة الخطوط المستقيمة المتساوية البعد
وفى نسخ اليد وطبع الكتب تكون الحروف موضوعة على خطوط متساوية
الابعاد اى متوازية كالالف واللام من اسم الله عز وجل
ويستعملون فى فن الموسيقى الخطوط المتوازية المتساوية البعد (شكل ٥)
ليضعوا فيها نقطا حلقية مملوءة او فارغة بسيطة او مركبة باذيال متوازية
ثم يجمعون هذه النقط الحلقية بحيث لا يلزم للغناء او لاجراء نغمات كل جملة
الا زمن واحد وهذا الزمن هو المسمى بالقياس وتكون الخطوط المتنوعة
منفصلة بخطوط مستقيمة عمودية على الخطوط الاول المتوازية وبناء على
ذلك تكون هذه الاعمدة خطوطا موازية لبعضها
ويرسمون فى الغالب مرة واحدة خمس خطوط متوازية بواسطة قلم جدول
له خمسة اسنان موضوعة على خط مستقيم ويتكأ عند الرسم على مسطرة
بشرط ان تكون الاسنان الخمسة موضوعة على صف عمودى على هذه
المسطرة فمن الواضح حينئذ ان ترسم خمسة خطوط متساوية الابعاد
ومتوازية ايضا
واستعمال الخطوط المتوازية المتساوية البعد غير متناه فى سائر الفنون
حيث ان الحراث يصنع خطوطه على موجب الخطوط الموضوعة هكذا
فعندما يحرث الارض ويجر محراثه على خط مستقيم ترسم اسنان المحراث
المتساوية البعد خطوطا مستقيمة متوازية وبناء على ذلك تؤثر اسنان الآلة

كلها فى الارض على السوية لتقسم قطع الارض التى فصلها سن المحراث الى قطع صغيرة او كبيرة

واذا اراد النقاش رسم سطوح كاملة الاستواء فانه يرسم اولا اجزاء كبيرة الظل او صغيرته بخطوط غليظة او رفيعة لكنها تكون متوازية ومتساوية البعد

فاذا اراد رسم سطوح مستوية وكان جزؤ منها بعيده عن الراصد او سطح السماء فانه يستعمل ايضا خطوطا ظلية مستقيمة ومتوازية ويمكنه ان يجعلها على ابعاد متساوية بشرط ان تكون الخطوط القريبة من الراصد اعمق واعرض من الاخرى ويمكنه ايضا ان يصنع خطوطه الظلية على منوال واحد فى العمق والعرض لكنها تكون متباعدة عن بعضها بقدر ما تكون نقط الفراغ الدالة عليها قليلة الظل او قليلة البعد عن الراصد وهذه التدريجات لها قواعد هندسية فينبغى لكل من اراد من ارباب الفنون تحسين عمليته ان يقف على حقيقة هذه القواعد

ويمكن الآن ان نبرهن على ان كل خطين مستقيمين متوازيين يكونان متساويى البعد فى جميع طولهما

فنرسم خطى $\overline{اب}$ و $\overline{ثد}$ المتوازيين (شكل ٦) وننزل $\overline{اث}$ و $\overline{من}$ عمودين على هذين الخطين ونعين نقطة كنقطة $\overline{ش}$ فى منتصف خط $\overline{ام}$ وننزل $\overline{شك}$ عمودا على هذين الخطين المتوازيين ثم نثنى الجزء الايسر من الشكل على جزئه الايمن بدوران الاول حول خط $\overline{شك}$ كاواب وتطبيقه على الثانى فزاويتا $\overline{كشا}$ و $\overline{كشم}$ من جهة و $\overline{شكث}$ و $\overline{شكن}$ من جهة اخرى تصير متساوية وخط $\overline{شا}$ ينطبق على خط $\overline{شم}$ و $\overline{كث}$ على $\overline{كن}$ وحيث كانت زاويتا $\overline{شاث}$

و ش م ن قائمتين ومتساويتين لخط ا ث ينطبق على م ن وتقع نقطة ث على نقطة ن فاذن يكون عمود ا ث مساويا العمود م ن وحينئذ يكون خطا ا ث و م ن العموديان (شكل ٦) اللذان يقيسان في اوضاع مختلفة مسافة المتوازيين مساويين لبعضهما وهما اقصر بعد بين هذين الخطين المتوازيين

ويكون عمودا ا ث و م ن الواقعان على خط ا ب المستقيم متوازيين فاذن يكون مستقيما ا م و ث ن العمودان عليهما مساويين لبعضهما

وبناء على ذلك اذا كان هنالك متوازيان كخطي ا ب و ث د ومستقيمان اخران كمستقيمي ا ث و م ن المتوازيين العمودين على المتوازيين الاولين فجزآء الخطين الاولين المستقيمين المحصوران بين الخطين الاخرين يكونان مساويين لبعضهما وكذلك جزآ الخطين الاخرين المحصوران بين الاولين يكونان مساويين لبعضهما

اجرآء العملية على سكك الحديد اى السكك ذات القضبان وهى سكك يصنعون عليها قضبانا مجوفة او محدبة كاملة الاستقامة والالتصاق يتحرك فيها او عليها بغاية الدقة اربع عجلات من العربات اثنتان منها على القضيب الايمن واخريان على القضيب الايسر ومتى كان احد هذين القضيبين مستقيما لزم ان يكون الاخر بعيدا عنه بمسافة مساوية لبعد العجلات الموضوعة على محور واحد وبهذا يكون القضيبان متوازيين حيث انهما متساويا البعد ومستقيمان ومتوازيان وفي النقل على هذه السكك فائدة عظيمة ووفر جيد بالنسبة للنقل الحاصل على الطرق العادية

واذا فرضنا ان خط د ث يقرب من ا ب (شكل ٦) بشرط

ان يكون دائما عموداً على ا ث فانه يكون دائما موازيا للخط ا ب الذى يقرب منه شيأ فشيأ مع التساوى فى جميع اجزائه

ولتحرك هذه الخطوط المتوازية والتساوى الذى تحفظه الخطوط المذكورة فى ابعادها فائدة عظيمة فى الميكانيكة

تطبيق الخطوط المتوازية على عجلات الآلة المستعملة لغزل القطن

اذا تصورنا عجلة متجهة على حسب اتجاه ث د وامكن تقدمها او تأخرها (شكل ٦) عن ا ب مع التوازى بواسطة العجلات الصغيرة التى تمر على قضيبى ا ث و م ن المتوازيين فان خيوط القطن تمتد من خط ا م الذى هى خارجة منه بمسافة متساوية لتلتف على مغازل مصطفة على اتجاه ث ن المتساوى البعد وعند ما تقرب عربة ث ن من ا م تنقص بالسوية مسافات نقط ث ن الموجودة على مستقيم ا م وبناء على ذلك تلتف الخيوط بالتساوى على المغازل بدون ان تكون كلها مشدودة مع التساوى ومتى بعدت العربة من خط ا م لتعود الى ث ن كانت الخيوط ممدودة بالتساوى كذلك ولذا يمكن بواسطة تساوى الخطوط المتوازية المحصورة بين متوازيات اخر الوصول الى انشاء الآلات الظريفة المعدة للغزل التى ليست فائدتها مقصورة على غزل اربعين فتلة او خمسين او ستين او اكثر من ذلك بمجرد حركة العربة مرة واحدة بل تصنع زيادة على ذلك سائر الخيوط مع مساواة لا يمكن تحصيلها اذا غزلت بدون هذه الطريقة وبدون الوسايط الهندسية

والى الآن لم نقابل الخطوط المتوازية الا بالخطوط العمودية ولنقابلها الآن بالخطوط المائلة بان نفرض (شكل ٧) رسم خطى ا ب و ث د المائلين بالنسبة لخط ه ا ث ف فاذا كانت زاويتا

١٥ اب و ه ث د (اللتان يقال لهما متقابلتان) متساويتين فان مستقيمي ا ب و ث د يكونان متوازيين

ويكون عكس ذلك صحيحا اعني اذا كان هذان الخطان متوازيين فان كل ما ذل يقطعهما بشرط ان يصنع معهما اربع زوايا حادة متساوية واربع زوايا منفرجة متساوية ايضا

وفي الفنون التي يحتاج فيها الانسان الى رسم مستقيم مواز لآخر يستعمل غالبا خاصيتا المتوازيات

ويستعمل لذلك مسطرة مثلثية مثل س ص ر (شكل ٨) من الخشب او الزجاج او المعادن وهي مسطرة الرسامين وسميت مثلثية لان س ر و ص ر اللذين هما ضلعاها على شكل زاوية قائمة او مسطرة مثلثية

واذا فرضنا الآن ان المطلوب مرور مستقيم من نقطة ا مواز لخط ث د (شكل ٨) فاننا نبتدئ اولا بوضع المسطرة المذكورة وهي س ص ر بحيث يتبع احد اضلاعها وهو س ص اتجاه ث د ثم نضع مسطرة م على ضلع س ر من المسطرة المثلثية ونتكئ باليد او باثقال اخر مع الشدة على المسطرة المثلثية لتثبت على المستوى ونحرر باليد الاخرى المسطرة المثلثية على امتداد المسطرة حتى يصير ضلع س ص قريبا جدا من نقطة ا المفروضة بالنظر الى الآلة التي تستعمل لرسم مستقيم ا ب المطلوب ويصير هذا المستقيم المرسوم على امتداد س ص موازيا بالضرورة لخط ث د حيث ان الزاويتين الحادتين المتقابلتين المصنوعتين بالمسطرة وخطي ا ب و ث د متساويتان

وبواسطة ضلع ص ر من المسطرة المثلثية يمكن رسم خطوط عمودية على المسطرة وذلك اسهل من رسم الخطوط العمودية بواسطة الخطوط المائلة المتساوية الميل ولكن يلزم لذلك مساطر مثلثية جيدة الضبط وان كانت نادرة

الوجود حتى انه لا يوجد فى المدن التى تقدمت فيها الفنون الا قليل من الصنايعية الذين يصنعون مساطر مثلثية ومساطر جيدة الضبط يكتفى بها مهرة الرسامين

ولنشرح الآن تطبيق الخواص التى ذكرناها آنفا على تركيب الاجسام وحركتها فنقول

اذا كان هنالك (شكل ١٠) شكل لا تتغير صورته مثل ا ب ث د وفرضنا تقدمه بحيث تكون جميع نقطه الموجودة على مستقيم ا م ه ع الخ متحركة على مستقيم ا م ه ع ا الخ فنقول ان كل نقطة كنقطة ب او ث او د التى هى من شكل ا ب ث د ترسم مستقيم ب ب او ث ث او د د الموازى لخط ا ا وحيث كانت صورة الشكل المذكور لا تتغير مدة تحركه لزم ان كل نقطة من نقط ب و ث و د تمكث دائما على بعد واحد من مستقيم ا ا فاذن ترسم هذه النقطة خطا مستقيما موازيا لخط ا م ه ع ا الخ

وكثيرا ما يستعمل فى الصناعة هذه الخاصية المستحسنة المعلومة من الهندسة

(بيان تطبيق العملية على حركة الدروج فى بيوتها)

قد تكون الدروج والتخت والدواليب والصناديق الافرنجية متداخلة ومعانة فى تحركها (شكل ٩) ببرواز ترسم التحاماته القائمة خطوطا مستقيمة متوازية كخطوط ا ا و ب ب و د د و ث ث وعند تقدم الدرج او تاخره اذا كانت مهماته جيدة اعنى اذا كان توازى جميع اجزائه ملحوظا بالدقة يكون محكما عند دخوله فى بيته ولا يختل باى وجه كان فى جميع حركاته حيث ان الخطوط المتوازية التى انحصرت بين هذه المتوازيات وصارت بذلك متساوية تدل على بعد النقط المتنوعة من هذا الدرج فى سائر اوضاعه المختلفه

(بيان تطبيق العملية على حركة المكابس فى الطلمبات)

هذا

هذا التطبيق يفيد نا كيف يكون المكباس الداخل مع الاتقان في جسم طلمبة محيطها مركب من خطوط مستقيمة متوازية متحركا فيها مع غاية الضبط بدون ان يعرض له عارض في حركته وذلك اذا كان جسم الطلمبة والمكباس مصنوعين مع الضبط واما اذا كان المكباس يصعد ويهبط بالتوالي فان كل نقطة من دائرته تصير خطا مستقيما موازيا لمحور جسم الطلمبة ولابد ان تكون جميع هذه الخطوط المتوازية المرسومة موضوعة بالكلية في داخل جسم الطلمبة لاسيما عند عمل الآلات الجارية التي اذا احدث فيها ادنى خلل وقل اختلاف في التوازي حصل لقواها الضعف والضياع

(بيان تطبيق العملية على لحمة القماش وحياكته)

لاجل لحمة القماش تمد اولا على التوازي جملة من الخيوط وتجمعها من طرف على حاشية وتلفها من الطرف الآخر على عمود من الخشب اوغيره ثم تشد الخيوط المذكورة حتى تهيء الاجزاء المنفردة جملة خطوط مستقيمة متوازية وموضوعة على مستو واحد *ولكيلا يكون القماش المراد نسجه مرتخيا في بعض الاجزاء تستعمل آلة تسمى مشطا وهي مركبة من اسنان رفيعة مستقيمة ومتساوية البعد عن بعضها مع التوازي ومن جهازين موافقين لبعضهما وندخل في كل مسافة من المسافات التي بين اسنان المشط خيطا من السدى وهو الذي ينظم تباعد الخيوط عن بعضها فبمجموعي الخطوط المستقيمة المتوازية اللذين احدهما يستعمل لتنظيم الآخر حين يكون المشط مصنوعا مع الضبط نصل الى صناعة اقمشة كبيرة العرض والطول مع التساوي التام في جميع اجزائها

ومن المعلوم عند جميع الناس ان الهنديين احسنوا صناعة الكشامير الشهيرة حتى بلغت في الحسن والدقة غاية الكمال ومع ذلك لم يكن عندهم لاجل تحقيق توازي الخطوط وتساويها في البعد طرق تشبه في الضبط والتحقيق طرق الافرنج فلذا عسر عليهم صناعة ارضية الشيلان المقاربة لشيلان الافرنج في القماش والمتحدة معها في النسج مع ان اهل اوروبا لم تشرع في هذه

الصناعة الامنذ عشرين سنة

ومن الضروري ان نوضح للتلامذة ان كمال الدرجة العليا المتحصلة فى فن من الفنون منوط بالطرق التى يستعملها الانسان ليقرب من الضبط كما تبينه الهندسة التصورية فى توازى الخطوط المستقيمة التى هى كناية عن الخيوط الرفيعة جدا

ويتهز الانسان غالبا الفرصة فى تبيين هذه النتائج باى محل تستلزم فيه تقدمات الصناعة ادخال قوة الادراك والتركيبات الهندسية فى شغل الكرخانات وقد ذكر غيرمرة ان هذا هوالذى يجبر ارباب الصنائع على معرفة الهندسة المطبقة على الفنون معرفة جيدة

وتستعمل خواص الخطوط المتوازية لتركيب اى شكل اوجسم يكون مساويا بالجسم معلوم اولشكل كذلك

فاذا فرضنا مثلا ان المراد عمل شكل اـ ث د (شكل ١١) مساويا على وجه الصحة لشكل ا ب ث د المرسوم سابقا فاننا نرسم خطوط ب بـ و ث ث و د د مساوية لخط ا ا وموازية له ثم نرسم خطوط ا بـ و بـ ث و ث د و د ا فتصير هذه الخطوط المذكورة مساوية بالضرورة لخطوط اب و ب ب و ب د و د ا وموازية لها وبهذا السبب يصير الشكلان متساويين

(بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية)

اذا لزم ان ننقش قطعة من الخشب اوالحجر اوالحديد نقشا ينطبق بالدقة على مجوف اومحدب مهيأ لادخال القطعة المجوفة فيه فنستعمل خواص الخطوط المتوازية التى استعملناها آنفا فاذا فرضنا مثلا اننا اردنا ان نحرر فى الداخل المدلول عليه بخط ا ب ث د ه ف (شكل ١٢) قطعة من الخشب مثل س ص بعد تنجيرها وترقيقها بالكلية فنقول انه يمكن لذلك رسم خطوط ا ا و ب بـ و ث ث و د د و ه ه و ف ف المتساوية والموازية لبعضها ثم نرسم محيط اـ ث د ه ف وننجر قطعة

س ص بحسب هذا المحيط

ونستعمل هذه الطريقة لاجل ان نصنع من الواح الخشب الخفيفة ارانيك الخطوط الاصلية التى نصنع بها سفينة على موجب رسم معلوم ويسمى مهندسو السفن طريقة الخطوط المتوازية بالنقالة ويترتب على صحتها الامانة التامة التى بها تجرى عملية الاشكال المعلومة عند المهندسين على وجه الصحة

واما استعمال هذه الطريقة الخاصة باجتماع القطع الكثيرة المجوفة او المحدبة (شكل ١٣) التى ينبغى تعشقها ببعضها فان صلابة السفينة متوقفة على احكامها وعلى المقاومة التى ترد تحرك اجزائها عند ما يحصل لهذه السفينة مشاق من البحر وهذه الحركة هى احدى اسباب الاتلاف المضر جدا كما ستقف عليه فيما بعد

بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد المساقط

قد ذكرنا بالاختصار طريقة رسم شكل يساوى شكلا اخر بواسطة الخطوط المتوازية وهذه الطريقة استعملت ايضا لعمل ارنيك عام لرسم صورة الاجسام وهذا هو الغرض الاصلى من رسم الهندسة الوصفية

فننقل على مستو يسمى مستوى المسقط كتختة او لوح او فرخ ورق منفرد الجسم المراد رسمه وذلك بان نمد من كل نقطة من نقط الجسم المطلوب رسمه خطا مستقيما موازيا لاتجاه معلوم بمقتضى الاتفاق ولا يخفى ان كل نقطة من نقط الجسم المرسوم تترك موضعها الاصلى وتوضع على سطح المسقط مع اتباعها للاتجاه المتوازى المتفق عليه فاذن يكون وضع النقطة الجديدة على مستوى المسقط هو نفس مسقط النقطة

فاذا اسقطنا سائر نقط خط مستقيم او منحن فانه يتالف منها على مستوى المسقط مستقيم ومنحن جديدان يصيران مسقطى الخط المستقيم او المنحنى الاصلى

وهذه هى الطريقة المستعملة لاخذ صورة الاجسام فى الابنية المدنية والعسكرية والبحرية وفى فن قطع الاخشاب والاحجار وفى الرسم المعد لعمل الآلات وهلم جرا

ولا يكفى مسقط واحد للاجسام المراد تصورها وانما ينبغى مسقطان او اكثر لتحديد صورتها وقدرها مع غاية الضبط ولذا يستعملون سطحى مسقط ليسهل اجرآء عمليتها بفرض احدهما راسيا والاخر افقيا وينقل او يسقط على المستوى الراسى الجسم المراد رسمه بواسطة خطوط متوازية افقية وينقل او يسقط الجسم المذكور على المستوى الافقى بواسطة خطوط متوازية راسية

ومن ذلك يسمى المسقط الافقى مستوى الجسم والمسقط المنتصب ارتفاعه ويجب على التلامذة من الآن فصاعدا معرفة ضرورة رسم المساقط مع الضبط بواسطة المستويات والارتفاعات ومعرفة جميع الاجسام المطلوب رسمها وعمليتها فى سائر الفنون التى ينبغى ان يكون فيها للنتائج صورة جيدة الصحة اما على حسب الارانيك او على حسب الابعاد والمساقط المعينة سابقا

ويحصل للتلامذة عقب هذه الممارسة وسايط العمل فى الاحوال التى تتقدم لهم غير ان ذلك لا يكفيهم وانما يلزم لهم معلم خصوصى يعلمهم رسم المساقط بطرقه ومعارفه

(بيان تطبيق طريقة المساقط على فن الميكانيكة)

ليست الخطوط المتوازية والعمودية مستعملة بواسطة المساقط لمجرد رسم صورة اى جسم مفروض عدم تحركه فى وقت معلوم فقط بل تستعمل ايضا لتبيين الطريق التى يتبعها او يجب ان يتبعها كل من نقط ذلك الجسم عند تحركه باى حركة كانت وهذا التطبيق الجديد الناشئ عن الهندسة من اعظم الاشياء نفعا الفن الميكانيكة فيسوغ لنا ان نرسم بواسطة الخطوط ما ليس بحقيقى الصورة فى الفراغ ويسوغ لنا ايضا ان نعين على الدوام رسوم الاشياء

التي من شأنها الخفاء في الوقت الذي يعقب ظهورها
فاذا فرضنا مثلا اننا اطلقنا رصاصة بندقة اوكلة مدفع نحو هدف معلوم فان مركز هذه الرصاصة او الكلة يقطع خطا غير مشاهد ومع ذلك فيمكننا ان نرسم هذا الخط كما ينبغي على مستو ما ونستعمل هذا الرسم في احوال كثيرة كما اذا اردنا ان نتحقق من تأثير ضرب طابية على استحكامات فعلى حسب دخول هذا الخط المتجه على رأس الاستحكامات في الفراغ الذي يشغله المحافظون اومروره باعلى هذا الفراغ من بعد لا يصل الى المحافظين يكون للطابية فائدة اوعدم فائدة بالنسبة للمحاصرين (بكسر الصاد) وتكون خطرة اوغير خطرة بالنسبة للمحاصرين (بفتحها) الذين خلف السور (راجع الدرس الرابع عشر)
فاذن نرسم الخط المراد قطعه بمركز الرصاصة على سطحي المسقط المبينين للاوضاع الاصلية ونقوش الطابية والاستحكامات لنعرف ما يرجى او ما يخشى من نتائج هذه الطابية
ونرسم ايضا بواسطة الخطوط جملة النقط التي يقطعها مركز القمر حول الارض ويقطعها ايضا حول الشمس مركز الارض وباقي النجوم السيارة وذات الذنب وما اشبه ذلك فتكون معرفة الخطوط المقطوعة على هذا الوجه بالكواكب السيارة منظومة في سلك الاستكشافات النفيسة التي كشفها عقل الانسان ومكث احقابا من السنين حتى وصل اليها
والقصد من صناعة الآلات المستعملة لضرورة الناس واشغال الصناعة ان بعض اجزائها يحصل عنه حركات مخصوصة ولا يكفي رسم اجزاء كل آلة في وضع مخصوص بل يلزم رسم حركات هذه الاجزاء وسيرها وقد يحصل ذلك باستعمال طريقة المساقط مع الخطوط المتوازية والعمودية وبواسطة هذا الرسم نقف على حقيقة ما ينشأ من صور الاجزاء المتنوعة لهذه الآلات عند تحركها
ويعلم من ذلك ان القضية المتعلقة بالمتوازيات والخطوط العمودية التي يظهر

انها سهلة وموجزة جدا ولها تطبيقات مفيدة في الرسم الاشياء وصناعتها بالنظر الى اشكالها ورسم اثاث البيوت والابنية والآلات او الدلالة على الحالة الثابتة للاجسام واحوال تحركها المتنوعة فاذن ينبغي التعود بكثرة على طريقة الرسم التي تجرى في الصناعة

ومن انفع عمليات الخطوط المتوازية العملية التي استعملت لرسم الخطوط المنحنية بواسطة الخطوط المستقيمة المتوازية

فاذا فرضنا اى خط منحن كخط م ا ب ب ث ن (شكل ١٤)

فاننا ننقله الى خط مستقيم اصلي اى الى محور م ن بواسطة عدة خطوط اخر مستقيمة متوازية كخطوط ا ا و ب ب و ث ث و د د الخ ثم نرسم عادة هذه الخطوط الاخيرة على ابعاد متساوية

(بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المنحنية)

فائدة هذا الرسم الهندسي هو انه يسوغ لنا رسم صورة الخطوط المنحنية وعدها ولو كانت قليلة الانتظام ان امكن التعبير بهذه الطريقة ومن ذلك المثال الشهير المقرر في عمارة السفن

(بيان المثال المذكور)

حاصله ان سرعة سير السفينة في حد ذاتها تتعلق بالصورة الموافقة للقارينة اى الجزء الاسفل المنغمس في الماء فينبغي ان تكون هذه الصورة دائمة ومحكمة الصناعة على حسب الابعاد التي يحددها المهندس ولذا يستعملون القواعد الهندسية المضبوطة في رسم قارينة السفن وتركيبها والمعول في ذلك على قاعدة المتوازيات والخطوط العمودية

والضلع الايمن من السفن التي نصنعها يسمى تريبوردا اى الجهة اليمنى وهى مضاهية بالكلية للضلع الايسر المسمى بالبابور اى الجهة الشمالية ولاجل عملها نمد خطا افقيا كخط م ن (شكل ١٥) يصل مقدمها بمؤخرها ونتمم على هذا الخط المستقيم المنقسم الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب

و ب ث الخ خطوطا عمودية ونضع على هذه الخطوط نقطا تدل على خطوط الماء

ونفرض ان السفينة تنغمس بالتدريج في البحر بدون ميل من الجهتين ونضع في كل درجة من الانغماس على سطحها الخارج خط محيط الماء وهو المسمى بخطوط الماء والذي يدلنا من مبدء الامر على اتصال هذه الخطوط هو صحة اشكال السفينة وتكون هذه المحنيات محددة كما ذكرناه آنفا بواسطة انصاف الاعراض الموضوعة على يمين المحور وعلى يساره وعلى المتوازيات واذا كانت انصاف الاعراض المذكورة مدلولا عليها باعداد بالنظر الى كل خط مائي وكل متواز فانه يمكن دائما رسم القارينة اي الجزء الاسفل من السفينة وبناء على ذلك يمكن عمل السفينة المذكورة

(مثال ناشئ من رسم الطرق والخلجان)

مثلا اذا كان خط م ن المأخوذ محورا (شكل ١٦) هو خط تسوية مياه الخليج او خط آخر مواز لهذه التسوية فاننا نمد خطوطا عمودية مثل ا ا و ب ب و ث ث من ابتداء هذا الخط الى الارض التي صورتها منتهية بالخط المنحني المار بنقط ا و ب و ث و د وهنالك آلة يقال لها آلة التسوية تستعمل لتحديد ارتفاعات م م و ا ا و ب ب و ث ث وسيأتي لك بيانها عند الكلام على آلات الماء

ثم نصنع ما يسمى بالرسوم الجانبية القاطعة بان نمد من كل نقطة من نقط ا و ب و ث و د الخ خطوطا افقية عمودية على م ن ونعتبر كل واحد من هذه الخطوط محورا جديدا ثم ننزل من هذا المحور بخطوط عمودية على الارض ونقيس طولها ثم نصنع لكل محور جديد شكلا بواسطة خطوط الارض العمودية والمنحني المقابل لهذه الخطوط

وقد تكون هذه العمليات لازمة لزوما ضروريا في معرفة كمية الارض التي ينبغي حفرها في الاماكن المرتفعة لنقلها الى الاماكن المنخفضة وتغيير صورة

الارض الاصلية الى الصورة الملايمة للطريق اوالخليج الذى يراد رسمه وبالجملة فان هذه الارتفاعات ينشاء عنها مع السرعة والسهولة طريقة عمل الحسابات الضرورية فى تقويم كميات الارض التى يراد رفعها وازالتها وهو مايسمى حفرا ونقلها وهو مايسمى ردما

واذا اردنا تحديد عمق بحيرة اونهر او مينا اومرسى مع غاية الضبط فاننا نقسم السطح الى جملتين من الخطوط الافقية المتوازية المتساوية البعد بشرط ان تكون خطوط احداهما عمودية على خطوط الاخرى فاذا تقرر ذلك نزلنا من كل نقطة تكون فيها الخطوط المتوازية الممتدة الى جهة واحدة مقطوعة بخطوط متوازية ممتدة الى جهة اخرى بعمود يصل الى الارض واذا مررنا بخطوط منحنية من طرف الخطوط العمودية الممتدة من افق واحد فاننا نصنع الشكل الجانبى لقاع البحيرة اوالنهر اوالمينا اوالمرسى وبهذه الطريقة يتحصل لطول هذه الاشياء اوعرضها سائر الرسوم الجانبية اللازمة فى تحديد صورة هذا القاع

وعوضا عن اتباع الطريقة المذكورة الدالة على صورة الارض المغمورة بالماء اوغير المغمورة نستعمل غالبا خطوطا منحنية بشرط ان تكون الارتفاعات المنتصبة متساوية بالنظر لكل من هذه الخطوط المنحنية وحينئذ نصنع جملة من الخطوط المنحنية الافقية ونفرض عادة ان الخطوط المنحنية المتتالية تكون متساوية البعد عند قياسه اى البعد المذكور مع الانتصاب وبناء على ذلك يستدل على القطوع الافقية الموجودة على المسقط المنتصب اعنى على الارتفاع بمتوازيات متساوية البعد وهذا هو الذى يترتب عليه عدة عمليات ولهذه الطريقة فائدة عظيمة وهو انها تظهر بمجرد النظر على مستو كفرخ من الورق الصورة التامة للارض فى جميع اجزائها المتنوعة

وليس نفع تعيين الصورة المذكورة مقصورا على رسم الجهات المائية اى وصف الاماكن المغمورة بالماء اوالمروية بها بل ينفع ايضا فى التبغرافية اى ما يخص البلدان لاجل اخذ صورة الوديان والجبال وغيرها مع الضبط

والتفصيل

والتفصيل و ينفع ايضا المهندس الجهادى كما ينفع مهندس القناطر والجسور فى رسم الطرق السلطانية واجراء عملية الاستحكامات

واذا اريد تشييد قنطرة قنائية او اعتيادية فان ابغال هذه القنطرة ترتفع الى ارتفاع خط التسوية الذى هو م ن (شكل ١٧) ويقسم هذا الخط من حيث هو الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب و ب ث وعلى كل نقطة من نقط التقسيم تنزل اعمدة ا ا و ب ب و ث ث و د د الى الارض فتكون هذه الخطوط دالة على الارتفاع الذى ينبغى ان تأخذه ابغال القناطر الاعتيادية والقنائية

ولم نتوسع زيادة عما يلزم فى هذه التطبيقات العديدة التى يمكن عملها فى شأن رسم صور الامتداد بواسطة المتوازيات وسترى فائدة هذه الطريقة وسهولتها وايجازها وسرعتها فينبغى حينئذ كثرة التمرن عليها وان نرسم مع المشقة عدة اجسام تتعلق بالمحاور والمتوازيات بشرط ان ينتشر جنس هذا الرسم بالتدريج فى جميع الكرخانات

ويمكن ان مراجعة كتب الرسم والهندسة المختصة بالمستويات والسطوح المنحنية وكتب الهندسة الوصفية لا تخلو عن فائدة

(الدرس الثالث)

(فى بيان الدائرة)

الدائرة هى سطح مستو تكون جميع نقط دائره المسمى بالمحيط على بعد واحد من نقطة الوسط المنفردة المسماة مركزا

وجميع الخطوط المستقيمة الواصلة من ذلك المركز الى المحيط تكون متساوية عند ما تمسح الابعاد المتساوية ويطلق على هذه الخطوط المستقيمة اسم انصاف الاقطار فاذن تكون جميع انصاف اقطار الدائرة متساوية

ومتى كان نصفا القطر متقابلين احدهما على يمين المركز والاخر على يساره فان الخط المستقيم المنفرد المتألف منهما يسمى قطر الدائرة

وحيث كانت ث هي مركز دائرة ا ب د ه (شكل ١) كانت جميع
انصاف اقطار ث ا و ث ب و ث د و ث ه متساوية
واذا تالف من نصفي قطر ث ا و ث د خط مستقيم كخط ا ث د
فهذا الخط هو قطر الدائرة

وكل قطر مثل د ا (شكل ١) يقسم الدائرة الى قسمين متساويين
ويكفي في اثبات ذلك ثني جزء د ا ب على جزء د ا ه بتدوير د ا ب
حول قطر د ا كالولب فاذا وقعت نقطة من محيط د ا ب في داخل
محيط د ا ه كانت قريبة من المركز واذا وقعت في خارجه كانت
بعيدة عنه وهذا غير ممكن حيث ان جميع نقط محيط ا ب د ه ا
على بعد واحد من المركز فاذن ينطبق محيط د ب ا بالكلية على
د ه ا ويكون جزآ الدائرة المنفصلان عن بعضهما بقطر د ا
متساويين

ويطلق اسم الوتر على كل خط مستقيم كخط م ة (شكل ٢) منتهيه
من كلتا جهتيه بمحيط الدائرة ويطلق قوس الدائرة على كل جزء من المحيط كجزء
م غ ة ويطلق اسم السهم على جزء ح غ من نصف قطر ث ح غ
العمودي على الوتر وهو منحصر بين الوتر والقوس

وهذه الاسماء منقولة من اسماء الخشب الذي كان يستعمله القدماء حيث
يشدونه بوتر على هيئة جزء من المحيط تقريبا (شكل ٣) ويطلقون عليه
اسم القوس وهو معد لرمي السهام الموضوعة على منتصف الوتر في اتجاه
عمودي عليه ومن ذلك يعلم ان التطبيق واسطة في اتساع دائرة العلوم
وفي نقله لها اسما صارت فيها من قبيل الحقائق العرفية

وكل نصف قطر مثل ث ح غ (شكل ٢) العمودي على وتر م ة
يقسم القوس والوتر الى قسمين متساويين

ولاثبات ذلك نمد نصفي قطر ث م و ث ة اللذين هما خطان

متماثلان

مائلان متساويان بالنسبة الى عمود ث ح فينتج اولا م ح = ن ح
وكذلك يكون وترا م غ و ن غ مائلين متساويين واذا ثنينا ث غ ن
على ث غ م فان نقطة ن تقع على نقطة م وقوس ن ضه غ
على قوس م ى غ بحيث لا يمكن ان تقع نقطة ما من نقط القوس الاول
داخل الثاني او خارجه من غير ان تكون قريبة او بعيدة من مركز ث *
ثانيا ان قوسى م ر ح و ن ضه غ يكونان متساويين

(اجراء العملية في رسم الخطوط)

يتألف من الملاحظة التي ذكرناها آنفا عمليات نافعة جدا في فن الرسم وفي اغلب
الفنون التي ينبغي ان تجعل لها اقيسة جيدة الضبط

فنستعمل اولا لقسمة قوس الدائرة الذي هو م غ ن (شكل ٤) الى
قسمين متساويين ولذلك نأخذ بيكارا ونفتحه على قدر الكفاية (اعني اكثر
من نصف م ن) ثم نضع على م احد طرفي البيكار ونرسم بالطرف
الاخر قوس الدائرة وهو ر ضه ط ثم نأخذ الطرف الثاني من البيكار
ونضعه على ن ونرسم بالطرف الآخر منه قوسا ثانيا كقوس ق ضه ع
بشرط ان نهتم في عدم فتح البيكار وغلقه وقت اجراء العملية وتكون نقطة
ضه التي يجتمع فيها القوسان على بعد واحد من نقطتي م و ن فاذن
تصير موضوعة على العمود الواقع على م ن المار بمنتصف هذا المستقيم
وبمركز الدائرة وهذا الخط المستقيم هو الذي يقسم وتر م ن وقوس
م غ ن الى قسمين متساويين

فاذا لم يعلم وضع المركز يكفي ان نرسم من جهته قوسى ا ــ ث و ى ــ هـ
بفتحة واحدة من البيكار فيكون مركز الاول م والثاني ن وتصير
نقطة ــ كنقطة ضه على العمود الذي يقسم وتر م ن وقوسه
الذي هو م غ ن الى قسمين متساويين

واذا علمنا ثلاث نقط من محيط الدائرة كنقط م و ن و ق (شكل ٥)
امكن ان نحدد وضع المركز ومقدار نصف القطر ونرسم نفس المحيط

ويكفى لذلك ان تنزل على حسب الطريقة التى ذكرناها اولا من منتصف م ه خط غ ا عمودا على م ه وثانيا من منتصف ه و خط و ب عمودا على ه و ونمد من نقطة ث التى يتلاقى فيها عمودا ث غ و ث س معا خطوط ث م و ث ه و ث و والمثلثة فتصير متساوية فاذن تكون خطوط ث م و ث ه و ث و ثلاثة انصاف اقطار للدائرة المطلوبة التى تكون نقطة ث مركزها

ومتى كان ا ب و د ه و ف غ التى هى اوتار الدائرة (شكل ٦) متوازية فان اقواس اد و ب ه و د ف و ه غ الخ التى فى هذه الاوتار تكون متساوية

ولاثبات ذلك نمد من مركز ث نصف قطر ث ل م ه ع عمودا على سائر الاوتار فيقطع كل واحد منها الى جزئين متساويين وزيادة على ذلك اذا قابلناه بطول الاقواس المطابقة لهذه الاوتار ترتب على ذلك ان قوس ع ا يساوى قوس ع ب وقوس ع د يساوى ع ه و ع ف يساوى ع غ

ويترتب على ذلك ان قوس اد يساوى ب ه و د ف يساوى ه غ

وقد يكون مستقيم س ع ص (شكل ٦) العمودى على نصف قطر ث ع من الدائرة والممتد من نهاية نصف القطر المذكور واقعا تمامه خارج الدائرة ولا يتحد معها الا فى نقطة واحدة كنقطة ع فاذن يكون هذا المستقيم مماسا للدائرة ولا يمكن ان يمر مستقيم آخر من نقطة ع بين الدائرة ومماسها الذى هو س ع ص

وبيانه ان يقال حيث كان نصف القطر عمودا على مستقيم س ع ص فان نقطة ح التى هى موقع هذا العمود تكون اقرب لمركز ث الموضوع على هذا العمود مما عداها من النقط الاخرى كنقطة س او ص لان

البعد

البعد الحاصل بين نقطة س او ص ونقطة ث مقيس بالمائل الذى يكون بالضرورة اطول من عمود ث ح فاذن تكون سائر نقط مستقيم س ح ص موضوعة خارج الدائرة ماعدا نقطة ح وللفنون فى هذه الخواص الموجودة فى الدائرة منفعة عظيمة بالنسبة للمستقيمات المماسة لها

ويمكن فى مبدء الامر ادارة الدائرة حول مركزها الذى هو ث المفروض انه ثابت وفى هذه الحركة يكون مماس س ص ثابتا ويترتب على ذلك امران احدهما ان الدائرة لا تتجاوز س ص ثانيهما انها تمس دائما س ص فى نقطة ح البعيدة عن مركز ث بمسافة مساوية لنصف قطر ث ح وبناء على ذلك اذا مس مستقيم ثابت الدائرة فى نقطة وكان مركز تلك الدائرة ثابتا على محور فيمكن ادارة هذه الدائرة بدون ان يلحق الانسان مشقة فى بعده عن هذا الخط المستقيم اوفى دفعه عنه

(اجرآء العملية فى خرط جسم متحرك بواسطة آلة ثابتة)

يستعمل الخراط هذه الخاصية لقطع سطح مستو على حسب محيط مستدير بان يدير المستوى حول نقطة ثابتة كنقطة ث المجعولة مركز الدائرة ثم يوجه آلة حادة على اتجاه مماس س ص فتؤثر هذه الآلة القاطعة فى نقطة ح وتكون جميع اجزآء المستوى المفصولة عن بعضها بالآلة بعيدة عن نقطة ث بمسافة اكبر من ث ح وعلى ذلك تكون جميع نقط المحيط المفصولة ايضا على هذا الوجه على بعد ث ح من المركز فاذن يكون هذا المحيط محيطا للدائرة

(اجرآء العملية فى عمل الاحجار المعدة لسن الآلات او تسطيح السطوح)

تستعمل الخاصية المتقدمة فى عمل الاحجار الصالحة لسن الآلات وتسطيح الاجزاء المستقيمة من سطح حادث من نتائج الصناعة بان يمسك الجسم المراد سنه او تسطيحه باليد او غيرها ويتكاء به على حجر مستدير الشكل فان كان مركز هذا الحجر ثابتا ومحيطه محكم الضبط عند ادارته كان سطحه مماسا دائما

للاجسام المراد سنها او تسطيحها
ولا توجد هذه الخاصية فى شكل غير شكل الدائرة لانه عند ادارة هذا الشكل
تحدث اوقات يبعد فيها الشكل المذكور عن الاجسام الثابتة واوقات اخرى
يدفعها عن نفسه
وعوضا عن كوننا نفرض ان الدائرة متحركة ومماس س ص ثابت
نفرض عكس ذلك اعنى ثبات الدائرة وتحرك مستقيم س ص مع جعل
هذا الخط المستقيم بعيدا عن مركز ث بمقدار يساوى نصف القطر
فلا يزال مماسا لمحيط الدائرة

(اجراء العملية فى خرط الاجسام الثابتة)

تستعمل هذه الطريقة لقطع الاجسام الثابتة مع الاستدارة وفى هذه الحالة
تكون الآلة هى التى تدور حول المركز ويستدل على الجهة اليمنى من الآلة
بمماس س ص وعلى نفس القاطع بنقطة ع
ونؤلف بطريقة مختلفة بين حركة الدائرة ومماساتها

(اجراء العمل فى التدوير)

اذا فرضنا ان مماس س ص لا يزال ثابتا وادرنا الدائرة فوقه بحيث
يكون كل جزء صغير من المحيط موضوعا على جزء آخر من المماس على التوالى
من غير ان يتقدم او يتأخر الى جهة الامام او الخلف فانه يحصل عندنا الحركة
التى يطلق عليها اسم التدوير وذلك من اعظم المهمات فى الفنون
وفى هذه الحركة لا يزال مستقيم س ص مماسا للدائرة حيث انه يمس دائما
محيطها فى نقطة واحدة فاذن يبقى مركز الدائرة بعيدا عن مستقيم س ص
بمسافة مساوية لنصف قطر ث ع وفى التدوير الكامل على خط
س ص المستقيم يكون مركز الدائرة متحركا على مستقيم آخر مواز
لاستقامة س ص واذا كان هذا الخط المستقيم افقيا كان مركز الدائرة
تابعا لخط افقى ايضا
فاذا دار كل خط منحن بهذه الكيفية على الخط المستقيم الافقى فان النقطة

المركزية اوغير المركزية تصعد تارة وتهبط اخرى فاذن لا يكون للنقل الحاصل في هذا الخط الذي هو عجلة غير مستديرة انتظام ولا لطافة وهذا هو الحامل لنا على ان نجعل شكل الدائرة لسائر عجلات العربات المعدة لنقل ارباب السياحة اوالاشياء

(اجراء العملية في الحركات المتوازية)

يتحصل لنا من خاصية الدائرة التي نحن بصددها طريقة وجيزة سهلة لتحريك نقطة بالتوازي على مستقيم معلوم ويكفي الصاق هذه النقطة بمركز الدائرة التي تدور حول مماسها الثابت

واذا امددنا خط $\overline{\text{س ص}}$ (شكل ٦) وجعلناه موازيا للخط $\overline{\text{س ص}}$ بمسافة مساوية لنصف قطر $\overline{\text{ث ح}}$ اولقطر الدائرة الذي هو ح $\overline{\text{ث}}$ خ فان $\overline{\text{س ص}}$ يمر حينئذ بنقطة $\overline{\text{خ}}$ التي هي نهاية قطر ح خ ويكون مماسا للدائرة كخط $\overline{\text{س ص}}$ واذا ادرنا حينئذ الدائرة على $\overline{\text{س ح ص}}$ فانها لا تنقطع عن تماس $\overline{\text{س خ ص}}$ حيث ان مسافة المتوازيين واحدة

(اجراء العملية في تركيب الآلات)

متى اردنا ان نحرك بالتوازي مسطرة اوبروازا مستقيما مع غاية الضبط على مستقيم معلوم فاننا نأخذ حلقة اوحلقات متساوية القطر ذات شكل مستدير مضبوط ونضعها بين المستقيم المجعول قاعدة والمسطرة اوالبرواز المراد تحركه فاذن لا يبقى علينا الا ان نجذب اوندفع مع مماسة الحلقات المسطرة اوالبرواز على حسب لوازم الآلات التي تكون المسطرة اوالبرواز جزأ منها

ولننبه على كثرة الطرق المتنوعة التي اخذت من علم الهندسة لتستعمل في الفنون من اجل رسم الدائرة اوعملها بواسطة الخطوط المستقيمة وعكسه اى رسم الخطوط المستقيمة اوعملها بواسطة الدوائر ومن اجل تحصيل الحركات المستقيمة بواسطة الحركات المستديرة والحركات المستديرة بواسطة الحركات المستقيمة والتعويل على المدرسين في اظهار سر هذه التطبيقات للتلامذة

ويعد مقابلة الدوائر بالخطوط المستقيمة ينبغي مقابلتها ببعضهما
وذلك بان نفرض ان دائرتي ا و ب (شكل ٧) موضوعتان على
وجه بحيث يكون بعد مركزيهما وهو اب يساوي او + ب و
اللذين هما نصفا قطريهما ومن البديهي ان نقطة و تكون على المحيطين
معا وزيادة على ذلك لا يمكن لنقطة اخرى كنقطة ح ان تكون على هذين
المحيطين معا

وبناء على ذلك تكون الدائرتان مماستين لبعضهما

(اجراء العملية في نقل حركة مستديرة من محور الى آخر)

يمكن ادارة الدائرة الاولى (شكل ٧) بدون ان تنقطع عن مماسة الدائرة
الثانية المفروض ثباتها او تحركها والمفروض ايضا دورانها في جهة واحدة
كالاولى او في جهة مضادة لها بدون ان تنقطع الدائرتان في هذه الحركة عن
مماسة بعضهما وبدون ان تدخل احداهما في الثانية

ويستعمل غالبا في الفنون هذه الخاصية الهندسية لتحريك دائرة بواسطة
دائرة اخرى اما بالنظر لمجرد محاكة المحيطات او بالنظر لامتلائها بالاسنان
المتساوية في الغلظ الموضوعة على بعد واحد وحينئذ ينبغي ان يلاحظ انه
اذا كانت احدى الدائرتين تدور من اليسار الى اليمين والاخرى من اليمين الى
اليسار فانهما يتحركان بالخلاف وقد يستدل على اختلاف الحركات بالاسهم
كما في (شكل ٧)

فاذا كان هناك ثلاث دوائر مماسة لبعضها مثل ا و ب و ث
(شكل ٧) بحيث تكون الاولى مديرة للثانية والثانية للثالثة وكان
دوران الثانية مخالفا للاولى ودوران الثالثة مخالفا للثانية فان الثالثة والاولى
يدوران في جهة واحدة واذن يلزم ان يكون هناك ثلاث دوائر مماسة لبعضها
ليتولد عنها في جهة واحدة حركة مستديرة من مركز الى آخر

(بيان السيور المحيطة بالدوائر)

اذا اردنا نقل حركة مستديرة الى مسافة كبيرة فانا عوضا عن ان نستعمل

دوائر

دوائر كبيرة او نضاعف عددها نأخذ منها دائرتين ونجعل السير محيطا بهما وهذا ما يمكن عمله وفيه حالتان الاولى أن يكون بدون تقاطع السيور كما في (شكل ٨) والثانية ان يكون مع تقاطعها كما في (شكل ٩) وتكون هذه السيور ممتدة بحيث يكون جزءا م ه و ح غ غير المماسين للدائرتين على مستقيم واحد ويمكن ادارة كل من هاتين الدائرتين بدون ان يتغير طول جزءى ح ا م و غ ب ه المستديرين واتجاههما وكذلك طول جزءى م ه و ح غ المستقيمين واتجاههما فعلى هذا اذا كان في مبدء الامر لصوق السير على المحيطات متينا جدا بحيث يتبع السير عند ادارة الدائرة حركة واحدة وينقلها الى الدائرة الاخرى وتنقل هذه الحركة من غير مشقة بطريقة واحدة عند ادارة الدائرة الاولى

فاذا امتد السير بكثرة الاستعمال او بتغير حرارة الجو او رطوبته لزم استعمال دائرة ثالثة كدائرة د (شكل ١٠) التي اذا ثنت جزء ح غ القائم تجعله بعد ذلك في وضع ح ر و ر غ بحيث يصير موترا مع ماله من الامتداد ولاجل ذلك يكفي ان يكون تفاضل الطول بين مستقيم ح غ وجزء ح ر غ المنكسر مساويا لطول السير وكثيرا ما تستعمل هذه الطريقة في تركيب الآلات

وهنا لنا اختلاف ينبغي الالتفات اليه في نوعي السيور المتقاطعة او غير المتقاطعة عند الانتقال من دائرة الى اخرى وهو ان الدائرتين يدوران بواسطة السيور المتقاطعة (شكل ٩) في جهات متضادة مع انهما يدوران بواسطة السيور غير المتقاطعة (شكل ٨ و ١٠) في جهة واحدة

وسيأتي في آخر هذه الدروس كثير من العمليات المقررة في شأن حركة الخطوط المستقيمة والدوائر المتلاصقة لاستكمال لوازم الفنون

(بيان حركة دائرة في اخرى)

اذا قطعنا دائرة في سطح مستو فانه يتحصل لنا بالنظر للجزء المقطوع محيط محدب وبالنظر لما بقي من المستوى محيط مجوف فاذا ادرنا الدائرة المقطوعة

حول مركزها كانت سائر نقط محيطها الملازمة لبعد واحد من المركز مماسة دائما لنقطة من المحيط المجوف المقطوع فى المستوى فاذن يكون المحيط المحدب عند دورانه مماسا دائما للمحيط المجوف فى جميع نقطه

ولا توجد هذه الخاصية الا فى شكل الدائرة دون غيره وبالجملة فيوجد فى كل شكل يمكن ادارته حول نقطة ما اجزآء من محيط الشكل البعيد كثيرا او قليلا من هذه النقطة وهذه الاجزآء التى تكون تارة خارجة من المحيط المجوف المقطوع على المستوى وتارة لا تصل اليه تترك بينه وبينها فراغا

وكلما اقتضى الحال ان نسد مسافة مستو سدا جيدا او كان جزء من هذا المستوى دائرا على نفسه ينبغى ان نجعل هذا الجزء على شكل الدائرة وهذا هو السبب فى جعل سدادت الحنفيات والقوارير والقماقم على شكل مستدير

(اجراء العملية فى العلب البخارية)

تستعمل الخاصية الموجودة فى الدائرة استعمالا جيدا فى تركيب الآلات البخارية وهى انها تدور على نفسها بدون ان تنقطع نقطة من نقط دائرها عن مس المحيط المجوف المشتمل عليها وسنشرح لك هذا الاستعمال عند ذكر العلب البخارية المستديرة

(تقسيم الدائرة وتطبيقها على قياس الزوايا)

ينبغى لنا معرفة قاعدة ضرورية قبل توضيح هذه القسمة

وهى انه اذا كان قوسا الدائرة اللذان هما ا م ب و د ن ه (شكل ١١) متساويين فان وترى هذين القوسين وهما ا ب و د ه يكونان متساويين وكذلك اذا كان وترا ا ب و د ه (شكل ١١) متساويين ووضعنا الوتر الثانى على الاول فان قوسى ا م ب و د ن ه ينطبقان على بعضهما ويصيران متساويين فاذن اذا رسمنا فى دائرة ما عدة اوتار متساوية مثل ا ب و ب ث و ث د و د ه (شكل ١٢) فان الاقواس المطابقة لها تكون متساوية ايضا وبناء على ذلك نقسم محيط الدائرة الى اجزآء متساوية بقدر ما يمكن رسمه من الاوتار

بيان

(بيان الطرق السهلة التي يمكن استعمالها في تقسيم الدائرة وهي)

اولا لاجل تقسيم الدائرة الى قسمين متساويين يكفي ان نمد من المركز قطر ا ب (شكل ١٣)

ثانيا لاجل تقسيمها الى ثلاثة اجزاء متساوية ينبغي ان تقسمها الى ستة اجزاء ونعتبر كل جزئين منها بمنزلة جزء واحد (شكل ١٥)

ثالثا لاجل قسمتها الى اربعة اجزاء متساوية يلزم ان نمد قطرا ثانيا كقطر د ه (شكل ١٣) عمودا على قطر ا ب الاول

رابعا لاجل قسمتها الى خمسة اجزاء متساوية (شكل ١٤) نبتدئ بقسمة المحيط الى عشرة اجزاء متساوية ثم نعتبر كل جزئين منها بمنزلة جزء واحد كما في الطريقة الثانية

خامسا لاجل قسمتها الى ستة اجزاء متساوية (شكل ١٥) يلزم ان نجعل نصف قطر الدائرة وتر الشكل جزء

والخط العمودي الممتد من منتصف كل وتر القاسم للقوس المحصور به الى قسمين متساويين ينشأ عنه طريقة تقسيم محيط الدائرة الى ثمانية اجزاء متساوية (شكل ١٣) وذلك اذا اعتبرنا القسمة رباعية متساوية الاجزاء وينشأ عنه ايضا تقسيم المحيط المذكور الى اثني عشر جزأ (شكل ١٥) اذا اعتبرنا القسمة سداسية متساوية الاجزاء

والجزء الخامس عشر من المحيط يساوي السدس ناقص العشر

وحيث كان من شأن هذه العمليات البسيطة انها توجد دائما في رسم الآلات ومحصولات الصناعة وجب على ارباب الحرف التمرن عليها

وبعد ذكر القواعد الصعبة الناشئة عن علم الهندسة ينبغي لنا ان نذكر قاعدة قريبة من تلك القواعد يمكن استعمالها في كثير من الصور

وحاصلها انه حيث كان نصف قطر الدائرة مساويا ١٠٠٠٠ كان طول كل وتر حاصر لجزء من المحيط مساويا للاعداد الموجودة في هذا الجدول بقطع

النظر عن كسور الاحاد

وتر نصف المحيط	٢٫٠٠٠٠٠
وتر ثلثه	١٧٢٣٣
وتر ربعه	١٤١٤٥
وتر خمسه	١١٧٤٦
وتر سدسه	١٫٠٠٠٠
وتر سبعه	٨٦٧٢
وتر ثمنه	٧٦٥٤
وتر تسعه	٦٨٤٠
وتر عشره	٦١٨٠
وتر الجزء الحادى عشر	٥٥٢٤
وتر الجزء الثانى عشر	٥٥٧٦

وبهذا الجدول الصغير يسهل علينا ايجاد انفراج البيكار اللازم لقسمة الدائرة الى عدة اجزا متساوية بقدر مايراد من ابتداء النصف الى الجزء الثانى عشر

ثم يحصل لنا فورا بواسطة الطريقة التى ذكرناها آنفا لاخذ نصف القوس انفراج البيكار الذى يطابق

١٤ و ١٦ و ١٨ و ٢٠ و ٢٢ و ٢٤ و ٢٨ الخ اوضعف
٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١٤ الخ

وبعد ان بينا الطريقة السهلة لقسمة القوس الى جزئين متساويين بحثنا مدة طويلة عن قاعدة هندسية متينة تقسم بها هذا القوس الى ثلاثة اجزاء متساوية فلم نعثر بها

(بيان استعمال اقواس الدائرة فى قياس الزوايا)

حيث كانت الزوايا قابلة للزيادة والنقصان امكن جعل احداها وحدة المقياس والاستدلال على سائر الزوايا الاخر بارقام دالة على عدد المرات التى تحتوى عليها

هذه

هذه الزاوية واقسامها (راجع الدرس الاول)

وعوضا عن جعل زاوية ا ث ب (شكل ١٦) وحدة المقياس استحسن اخذ قوس ا ب الواقع بين ضلعي الزاوية والمرسوم من نقطة ث المركزية

ومما يسهل علينا مشاهدته انا اذا رسمنا عدة انصاف اقطار مثل ث ا و ث ب و ث د و ث ه على ابعاد بحيث تكون فيها زوايا ا ث ب و ب ث د و د ث ه متساوية امكن وضع هذه الزوايا على بعضها فاذن تكون اقواس ا ب و ب د و د ه المنطبقة انطباقا كليا على بعضها متساوية

فاذا اخذنا اثنين اوثلاثة اواربعة من الزوايا المساوية للاحد لتؤلف منها زاوية واحدة فانه يلزم ان نأخذ ايضا مرتين اوثلاثا اواربعا القوس المطابق لاجل تحصيل القوس المظروف فى الزاوية الجديدة وبناء على ذلك يكون هذا العدد الاعلى عدد مرات احتواء هذه الزاوية الجديدة على وحدة مقياس الزوايا ويدل ايضا على عدد مرات احتواء القوس المطابق لهذه الزاوية الجديدة على وحدة مقياس الاقواس

ويمكن بدون تغيير هذه الاعداد ان تأخذ قياس الزوايا والاقواس على حسب ما يراد وقد استحسن فى ذلك استعمال الاقواس وهاك كيفية العملية

وهى ان تقسم الدائرة الى اربعة اجزاء متساوية فينشأ عنها اربعة ارباع من المحيط تستعمل قياسا للزوايا الاربع القائمة التى تشتمل على سائر المسافات الموجودة حول نقطة ث المركزية

ثم تقسم كل ربع الى تسعين جزأ متساوية تسمى بالدرجات

فاذن يكون محيط الدائرة محتويا على ٩٠ اربع مرات او على ٣٦٠ درجة ويظهر ان هذه القسمة غير مستحسنة بالنظر للطريقة الاولى بل لا علاقة بينها وبين القسمة على ١٠٠ او ١٠٠٠٠ الخ ومع ذلك فيترتب عليها

فوا ئد كثيرة منها انهم تقسم المحيط الى اجزاء متساوية يستدلوا عليها باعداد

صحيحة ولذا يرى ان نصف المحيط يساوى ١٨٠ درجة والثلث ١٢٠

والربع والخمس والسدس والثمن والعشر
٩٠ ٧٥ ٦٠ ٤٥ ٣٦

والجزء الثانى عشر والخامس عشر والعشرون والرابع والعشرون
٣٠ ٢٤ ١٨ ١٥

والثلاثون والسادس والثلاثون الخ من درجات المحيط
١٢ ١٠

ولاجل قياس الاجزاء التى هى اقل من درجة تقسم الدرجة الى ٦٠ جزأ

متساوية تسمى بالدقائق

ولاجل الاكتفاء باقيسة دقيقة تقسم الدقيقة الى ٦٠ ثانية والثانية الى

٦٠ ثالثة والثالثة الى ٦٠ رابعة وهلم جرا

ويحتوى محيط الدائرة على ٢١٦٠٠ دقيقة او على ١٢٩٦٠٠٠

ثانية او على ٧٧٧٦٠٠٠٠ ثالثة او على ٤٦٦٥٦٠٠٠٠٠

رابعة

وحينئذ لا تكون الثانية جزأ من مليون من المحيط وكذلك الرابعة لا تكون ربع

جزء من الف من المحيط

(الاجزاء العملية فى علم الجغرافيا)

قد استعمل الجغرافيون فى اخذ مساحة الارض عملية تقسيم الدائرة الى

درجات ودقائق وثوالث وهلم جرا

فرأوا ان الخطوط المرسومة من الشمال الى الجنوب وكذلك الخطوط المرسومة

من المشرق الى المغرب تقرب من الدوائر قربا جيدا وقد قسموا هذه الدوائر الى

درجات ودقائق وثوان وثوالث وهلم جرا

وها لك بيان طول هذه الاجزاء بالنظر لتقسيم الدائرة القديم

مقدار محيط الارض المقاس على خط نصف

النهار ٤٠٠٠٠٠٠٠ متر

الدرجة

الدرجة الواحدة تساوى	١١١ ١١١	مترا
الدقيقة الواحدة تساوى	١٨٥٢	مترا
الثانية الواحدة تساوى	٣٠٨	امتار
الثالثة الواحدة تساوى	١/٢	متر وبعض شئ

واما على المذهب الجديد فتكون الدرجة جزأ من مائة من ربع المحيط والدقيقة جزأ من مائة من الدرجة والثانية جزأ من مائة من الدقيقة وهلم جرا وعلى ذلك تكون هذه الاجزاء بالنظر الى دائرة خط نصف النهار الارضى هكذا

الدرجة الواحدة تساوى	١٠٠٠٠٠	متر
الدقيقة الواحدة تساوى	١٠٠٠	متر
الثانية الواحدة تساوى	١٠	امتار
الثالثة الواحدة تساوى	١	دسيمتر
الرابعة الواحدة تساوى	١	مليمتر

(بيان تقسيم الدائرة المستعمل فى تركيب الآلات)

تقسيم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية من العمليات الضرورية فى كثير من الفنون لاسيما فى صناعة الآلات كرسم الطارات المضرسة اللازمة للتعشيق والاسطوانات المعدة للغزل الميكانيكى كالقطن والكتان والتيل ونحو ذلك وبقدر الاعتنا باجراء هذه العمليات قلة وكثرة تختلف سهولة الحركات المتولدة من التعشيق وصعوبتها فلابد من الضبط الهندسى لانه لايمكن مجانبة ضعف القوة ووقوفها وانعدامها الابه حيث ان ذلك كله لا يحدث الا عن عدم انتظام حركة الآلات وعدم صحتها

ومن المهم كون ارباب الصنائع لايستعملون الطارات المضرسة والاسطوانات المحوفة بدون ان يعرفوا هل هذه الاضراس والتحويشات تقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية مشاهدة ام لا ومعرفة ذلك هى التى تكسب صانعى الآلات قوة فى طرق صناعاتهم وقد حصل للصناعة الفرنساوية

في ذلك وفر عظيم من القوى المنقولة حتى بلغت محصولاتها اقصى الدرجات بعد ان كانت محتاجة الى اتقان الصناعة

(بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا)

يستعمل لقياس الزوايا عدة من الآلات التي تكون فيها الدائرة منقسمة الى درجات واجزاء درجات فمنها المنقلة وهي اسهلها واكثرها استعمالا وهي نصف دائرة من النحاس او العاج محيطها مدرج فان كانت من النحاس كان جزء م ه ح ث (شكل ١٧) ظاهرا بينا وكان مركز ث معينا بقطعة صغيرة وفيها ايضا قطعتان صغيرتان وهما م و ح يبينان نقطتين اخريين من قطر م ث ح المرسوم على المستوى المخفي اخفاء محكما بواسطة جانب م ث ح من الجزء المستقيم الدال على القطر وان كانت الآلة المذكورة من العاج فلا تحتاج للقطع المذكورة لان الرسم يظهر من سمكها وهذا من الفوائد العظيمة

وتستعمل الآلة المذكورة لاخذ انفراج اي زاوية كانت كزاوية س و ص ونقلها الى وضع آخر

واذا اريد رسم مستقيم مثل س ا ص المار بنقطة ا المفروضة الذي حدث منه ومن مستقيم ٥ ب د المعلوم زاوية مشتملة على عدة درجات مثل ا ب فانا نضع المنقلة بالتوازي جهة نقطة ا بشرط ان يكون مركز ث دائما على ٥ د وكذلك نقطة د الدالة على عدد درجات زاوية ا ث ب ومتى اتصل خط مر ن الذي هو قاعدة المنقلة الموازية لقطر م ه بنقطة ا فان هذا الخط يستعمل مسطرة لرسم خط س ص المطلوب حيث ان هذه القاعدة سمكا ظاهرا

(الغرافومتر)

هي آلة عند المساحين مضاهية للمنقلة ومؤلفة مثلها من نصف محيط مقسوم الى عدة درجات غير انها اكبر منها وهي موضوعة على رجل لها

ثلاثة فروع وعلى اطراف نصف محيطها المدرج الواح صغيرة من النحاس
وفيها انفراج مستقيم عمودى على مستوى الدائرة وبواسطة الانفراجين اللذين
يطلق عليهما اسم العيون عند الوقوف خلف احدهما والنظر الى الآخر نديم
الغرافومتر الى ان تصير فى الاتجاه الصحيح لغرض معلوم والقطر المتحرك حوله
المركز له ايضا عينان فندير ه من النقطة التى اذا نظرنا فيها بواسطة الانفراجين
نجد غرضا ثانيا فبهذا يظهر لنا قياس الزاوية المؤلفة من خطين مستقيمين
مارين بمركز الغرافومتر وبغرضين محدودين كل على حدته ونجد فوق مدرجات
الآلة الدرجات التى تفصل القطرين وهذا العدد هو مقدار الزاوية
المطلوبة

وهناك آلات اخرى صالحة لقياس الزوايا غير انها ليست الا ربع الدائرة
المدرجة وهى التى يطلق عليها اسم الآلات المربعة واخرى ليست الا سدسها
وهى التى يطلق عليها اسم الآلات المسدسة واخرى ليست الا الثمن وهى التى
يطلق عليها اسم الآلات المثمنة وتستعمل جميع هذه الآلات فى عمليات علم
الجغرافيا اى مساحة الارض وفى عمليات الملاحة لاجل قياس الوضع
الخصوصى للاجسام الارضية والكواكب عند ركوب البحر

ويستعمل لذلك الدوائر الكاملة التى تسمى باسم الدوائر المكررة لانه يكرر فيها
الملحوظات بحيث ان الغلطات المتنوعة التى يمكن حصولها فى العمليات
المختلفة يمكن اصلاح بعضها فيقل مجموعها

وبقطع النظر عن العيوب اللازمة لتركيب هذه الآلات يوجد فيها غلط اصلى
من حيث عدم تساوى تقسيمات الدائرة لانه لا يمكن ليد الانسان ان تصل
الى هذه التقسيمات كما يتصورها عقل المهندس اعنى مع الصحة الدقيقة بل
انه ينقص الغلطات الخفية بان يبحث عن معرفتها بواسطة الآلات التى تجعل
الغلطات اليسيرة محسوسة ظاهرة

(بيان الآلات المعدة لتقسيم الدوائر)

قد صنعوا آلات معدة لتقسيم الدوائر مع غاية السرعة والضبط وكيفيتها

انهم يرسمون على لوح مثلاً كثيراً من الدوائر المتحدة المركز ولاجل الانتقال من الدائرة الصغرى الى الدائرة الكبرى يقسمون بالتوالى الاولى الى ثلاثة اجزاء متساوية والثانية الى اربعة والثالثة الى خمسة والرابعة الى ستة والخامسة الى سبعة وهلم جرا

وينبغى مزيد التدقيق والاهتمام فى القسمة الاولى واختبارها عدة مرات بواسطة احدى القواعد التى ذكرناها آنفا

فاذا فرضنا الآن ان المطلوب تقسيم دائرة اخرى او جزء دائرة الى اجزاء متساوية فانه ينبغى وضع هذه الدائرة الجديدة على وجه بحيث يكون مركزها على محور واحد مع جميع الدوائر المدرجة (وفى هذه الحالة ينبغى للمعلم ان يرسم الآلة مع مشاهدة الآلة المعدة للتقسيم)

ولا تكون هذه العملية مضبوطة الا اذا كان مركز القطعة المراد تقسيمها بالدرج موضوعا على المركز المشترك بين الدوائر المدرجة قبل ذلك وقد عرف مسيو غنبى الصانع الشهير الفرنساوى بواسطة الاستعمال السهل للمتوازيات طريقة تدارك الضرر وتقسيم المحيط الذى ليس متحد المركز مع اللوح المقسوم سابقا مع غاية الضبط

ولنفرض ان ا ث ب هى القطعة التى يراد عليها رسم قوس الدائرة الذى هو ا ب المنقسم الى درجات موافقة بالكلية لدرجات اللوح وان مستطيل ش م ن ح خ القائم الزوايا يكون موضوعا على وجه بحيث يكون ضلعاه اللذان هما ش م و ح خ متجهين دائما جهة مركز ث من قطعة ا ث ب المراد تقسيمها ولا يكون هذان الضلعان متحركين الا بالتوازى لوضعهما الاصلى وحين يدور اللوح بكمية ككمية ٥٠ درجة فان ضلع و ث ا يتحول الى و ث ا وضلع ث ب يتحول الى ث ب وتكون زاوية ا ث ب مساوية ٥٠ درجة لكن فى هذا التحويل لا يوجد تغير فى اتجاه مستطيل ش م ن ح خ المتحول

الى هذه الحركة ويكون خط ح غ دائما على مستقيم واحد مع مركز القوس
وهو ث فينتج اذن صورتان اولا دال خ يعين على قطعة
ا ث ب عدة نقط متساوية البعد من نقطة ث المركزية اعنى قوس
الدائرة التى مركزها ث ثانيا اذا دار السطح درجة واحدة فان دال خ
يسير ايضا درجة واحدة على القطعة المراد قسمتها

(الدرس الرابع)

في بيان الاشكال المتنوعة التى يمكن جعلها لمحصولات الصناعة بواسطة الخط
المستقيم والدائرة

قد يوجد في الاشكال المستوية بخطوط مستقيمة اشكال منتظمة وغير
منتظمة وبسيطة ومركبة ولنقتصر على تعريف الاشكال المستعملة كثيرا
عند ارباب الفنون فنقول

لا يمكن ان الخطين المستقيمين المتوازيين اوغير المتوازيين يملآن بالكلية
مسافة

واقل ما يلزم لتحصيل هذه النتيجة ثلاثة خطوط غير متوازية

ويطلق اسم المثلث المستوى على المسطح المملوء بثلاثة خطوط مستقيمة ولابد
ان يميز في كل مثلث كمثلث ا ب ث (شكل ١) اضلاعه الثلاثة
التى هى ا ب و ب ث و ث ا وزواياه الثلاثة ورؤسها الثلاثة
التى هى ا و ب و ث

وفي زوايا كل مثلث خاصية شهيرة للفنون وهى ان مجموعها يساوى دائما
زاويتين قائمتين اياما كان عظم المثلث وشكله

ولاجل البرهنة على ذلك (شكل ٢) نمد ضلع ا ب الى ب ه
ونجعل ب د موازيا لخط ا ث وحيث كان متوازيا ا ث
و ب د مقطوعين بمستقيمى ا ب ه و ب ث تحصل معنا اولا
ان زاوية ث ا ب تكون مساوية لزاوية د ب ه ثانيا ان زاوية

ا ث ب تكون مساوية لزاوية ث ب د فاذن يكون مجموع ا ث و ب التى هى زوايا مثلث ا ث ب الثلاثة مساويا لمجموع زوايا ا ب ث و ث ب د و د ب ه الثلاثة التى تشغل جميع المسافة من جهة مستقيم ا ب ه بمعنى انه يساوى زاويتين قائمتين

ومن الآن فصاعدا متى امكن معرفة زاويتين من المثلث امكن معرفة الثالثة ويكفى لذلك الجمع والطرح

ولنفرض مثلا ان مقدار احدى هاتين الزاويتين $\frac{٥}{٣٧}$ والاخرى $\frac{٥}{٤٩}$ فاذا اضفنا ٤٩ الى ٣٧ كان مجموعهما ٨٦ درجة فاذا طرحنا هذا المجموع من زاويتين قائمتين اومن $\frac{٥}{١٨٠}$ كان الباقى ٩٤ درجة فاذن تكون الزاوية الثالثة مساوية ٩٤ درجة

وحيث ان مجموع ثلاث زوايا كل مثلث يساوى زاويتين قائمتين ينبغى ان احدى الزوايا تساوى صفرا اعنى انها تكون معدومة بالكلية حتى يصير الزاويتان الاخريان قائمتين فاذن لا يكون المثلث محتويا الا على زاوية قائمة

ومن باب اولى لا يكون فى مثلث ا ب ث (شكل ١) الا زاوية منفرجة كزاوية ا اعنى انها اكبر من زاوية قائمة وهذا ما يسمى بالمثلث المنفرج الزاوية

ويمكن ان تكون زوايا مثلث ا ب ث الثلاثة حادة (شكل ٢) فيطلق عليه اسم مثلث حاد الزوايا

ومثلث ا ب ث قائم الزاوية (شكل ٣) هو الذى يحتوى على زاوية قائمة مثل ب ووتر الزاوية القائمة الذى هو ا ث هو الضلع الاكبر المقابل لهذه الزاوية

ولنقابل الآن اضلاع المثلث ببعضها فنقول

حيث ان الخط المستقيم هو اقصر بعد يصل بين نقطتين تحصل لنا من ذلك انه في كل مثلث يكون الضلع الواحد اصغر من مجموع الضلعين الاخرين

والضلع الاكبر وهو اث من ضلعي المثلث اللذين هما اب و اث هو المقابل للزاوية الكبرى وهي ب من هذا المثلث (شكل ١)

واذا أخذ اـ = اب و اث = اث ثم نمد ب ـ و ث ث فتكون زوايا اب ـ و اـ ب و اث ث و اث متساوية وزيادة على ذلك تكون زاوية اب ث اكبر من زاوية اب ـ وزاوية اث ب اصغر من زاوية اث ث فاذن تكون زاوية اب ث اكبر من زاوية اث ب

(شكل ٣) المثلث المتساوي الاضلاع هو ما كانت اضلاعه الثلاثة متساوية كمثلث اب ث

(شكل ٤) المثلث المتساوي الساقين هو ما كان فيه ضلعان متساويان فقط كمثلث اب ث

فاذا اعتبرنا ضلعي ث ا و ث ب المتساويين (شكل ٤) مائلين بالنسبة لقاعدة اب فان عمود ث د يقع على منتصف هذه القاعدة ويقسم المثلث الى جزئين متساويين ويكون تماثلهما مثبتا لتعريف انتظام المثلث المتساوي الساقين

ولاجل تكميل قوانين التماثل يسقف البناؤن اغلب البيوت والعمارات العامة بسطح جانبه مثلث متساوي الساقين وقد كان هذا المثلث منفرج الزاوية في هياكل اليونان القديمة وفي بيوت ايطاليا (شكل ٥) وحاد الزوايا في سقوف النواقيس والعمارات الغوطية القديمة (شكل ٦)

واذا اريد رفع الاحمال يستعمل لذلك آلة تسمى بالملف اي آلة الجدي (شكل ٧)

وهى مركبة من قطعتى خشب متحدتى الطول ومتصلتين من احد طرفيهما فى نقطة ث ومنفصلتين من الطرف الآخر بعارضة ا ب ويمر الحبل المستعمل لرفع حمل د بكرة ثابتة فى نقطة ث ويكون مثلث ا ب ث المدلول عليه بآلة الجدى متماثلا اى متساوى الساقين فاذن يكون العمود النازل من نقطة ث على قاعدة ا ب قاسما للتلك القاعدة الى قسمين متساويين

ويحتاج غالبا فى الفنون الى رسم مثلث يعلم منه بعض اجزآء وهاك كيفية العمل

اولا اذا عرفنا الثلاثة اضلاع يعبر عنها برقم ١ و ٢ و ٣ (شكل ٩) فاننا نبدأ برسم خط مستقيم كخط ا ب مساو لضلع ٣ فى الوضع الذى ينبغى فيه رسم المثلث ثم نرسم من نقطة ا المعتبرة مركزا بواسطة انفراج بيكار مساو لضلع ٢ قوس الدآئرة الذى هو م ث ن ونرسم من نقطة ب المعتبرة مركزا ايضا بواسطة انفراج بيكار يساوى ضلع ١ قوس الدآئرة الذى هو ح ث غ ثم نمد من نقطة ث التى يتقاطع فيها القوسان مستقيمى ث ا و ث ب فيكون ا ب ث هو المثلث المطلوب

ثانيا متى علم ضلعان كضلعى ١ و ٢ وزاوية ا (شكل ١٠) فاننا نبدأ برسم خط ا ب المساوى لضلع ٢ فى وضع لائق ثم نرسم بآلة معدة لقياس الزوايا (كالمنقلة والبيكار وغيرهما) خط ا ث بشرط ان تكون زاوية ب ا ث مساوية لزاوية ا ونجعل ا ث مساويا ١ وبالجملة اذا مددنا مستقيم ب ث حدث المثلث المطلوب

ثالثا متى علم ضلع ١ وزاويتا ا و ب اللتان رأسهما فى نهايتى هذا الضلع (شكل ١١) واريد رسم المثلث فاننا نرسم خط ا ب مساويا

ا ثم نرسم على التوالي بواسطة آلة معدة لنقل الزوايا مستقيمي ا ث
ب ث اللذين يحدث منهما مع خط ا ب زاويتا ا و ب
فاذن يكون ا ب ث هو المثلث المطلوب

وحيث كانت هذه العمليات وجيزة بالكلية وجب على المدرسين تكرارها
في اغلب الاوقات للطلبة بواسطة المسطرة والبيكار

وقد ذكرنا آنفا لرسم المثلث ثلاث صور اولا بفرض ثلاثة اضلاع معلومة
ثانيا بفرض ضلعين والزاوية الواقعة بينهما ثالثا بفرض زاويتين والضلع
المنحصر بين رأسيهما وقد وجدنا هذه المفروضات كافية في كل صورة

فاذن ينتج اولا انه اذا تساوت اضلاع المثلثين مثنى مثنى كان هذان المثلثان
متساويين وهذا هو المثلث المرسوم بواسطة المفروضات في مواضع
مختلفة

ثانيا اذا كان ضلعان من اضلاع المثلثين والزاوية الواقعة بينهما متساوية
في المثلثين المذكورين من كلتا الجهتين كان المثلثان متساويين

ثالثا اذا كانت زاويتان من زوايا المثلثين والضلع الواقع بينهما متساوية من
كلتا الجهتين فان المثلثين يكونان متساويين

فاذن (شكل ٨) اذا كان مثلثا ا ب ث و ا ب ث متساويين
نقول

اذا فرضنا في النتيجة الاولى ان ا ب يساوي ا ب و ب ث يساوي
ب ث و ا ث يساوي ا ث وفي الثانية ان ا ب يساوي ا ب
و ب ث يساوي ب ث وزاوية ب تساوي زاوية ب وكان
كل من زاويتي ب و ب منحصرا بين ا ب و ب ث و ا ب
و ب ث وفي الثالثة ان ا ب يساوي ا ب وزاوية ا تساوي
زاوية ا وزاوية ب تساوي زاوية ب فان ذلك يستلزم ما يأتي

وهو ان ارباب الصنائع يتذكرون دائماً هذه الشروط الثلاثة الخاصة بتساوى المثلثات ويستعمل هذا التساوى بكثرة فى عمليات الصناعة وفى براهين الهندسة والميكانيكة

فاذا فقد احد الشروط الثلاثة التى بمقتضاها يكون المثلثان متساويين لم يمكن تساوى هذين المثلثين حيث ان فى احدهما زاوية اوضلعا لامساوى له فى المثلث الآخر ويجب علينا اذا اردنا ممارسة الفنون بطريقة واضحة ان نعرف باشارات سهلة الشروط اللازمة لكل عملية وبهذه الشروط لا يحصل الغلط فى العملية بل يكون وجودها دليلا على صحة تلك العملية

(بيان الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة)

هنالك اشكال مثل ا ب ث د (شكل ١٢) مغلوقة غلقا محكما بواسطة اربعة خطوط مستقيمة لها اربع زوايا واربعة رؤس مثل ا و ب و ث و د

ويطلق اسم قطرى الشكل على خطى ا ث و ب د المستقيمين اللذين يصلان رؤس الزوايا المتقابلة ببعضها

والاشكال التى لها اربعة اضلاع تختلف فى الانتظام

فشبيه منحرف ا ب ث د (شكل ١٣) هو شكل له اربعة اضلاع اثنان منها متوازيان كضلعى ا ب و ث د

وقد يكون شبيه المنحرف مستطيلا (شكل ١٤) اذا كان الضلع الثالث الذى هو ب ث عمودا على ضلعى ا ب و ث د المتوازيين

ويكون شبيه منحرف ا ب ث د (شكل ١٥) متماثلا اذا كان ضلعا ا د و ب ث غير المتوازيين مائلين على حد سواء بالنسبة للضلعين الآخرين

ويتركب السطح بالنظر لبعض العمارات المنتظمة من مثلث متساوى

الساقين كمثلث م د ث (شكل ١٥) في الجزء الاعلا من هذا السطح ومن شبيه منحرف متماثل مثل ا ب ث د في الجزء الاسفل منه وهذا مايسمى بالفرنساوية مناسرد اخذا من اسم مناسرد البنا المخترع لهذا السطح ويكون منتصب م ه ف خط تماثل المثلث وشبيه المنحرف المذكورين

ومتوازى الاضلاع (شكل ١٦) هوما كانت اضلاعه الاربعة موازية لبعضها اثنين اثنين

(بيان اجرآء العمليات)

متوازى الاضلاع هوالذى يستعمل دآئما فى الفنون وبكثرة فى تركيب الآلات لتحصيل مايطلق عليه اسم الحركة المتوازية

وعلى حسب خواص المتوازيات التى ذكرناها فى الدرس الثانى تكون زوايا متوازى الاضلاع المتقابلة اعنى زاويتى ا و ث من جهة وزاويتى د و ب من جهة اخرى متساوية ويكون اثنتان منها حادتين واثنتان منفرجتين وزيادة على ذلك اذا اضفنا زاوية حادة الى زاوية منفرجة كان مجموعهما مساويا لزاويتين قائمتين

وبناء على ذلك اذا امددنا الى ث ه (شكل ١٦) ضلع د ث وكان مستقيما اد و ب ث متوازيين فان زاوية ا د ث تكون مساوية لزاوية ب ث ه وزاويتى د ث ب و ب ث ه يساويان زاويتين قائمتين

وحيث اثبتنا (فى الدرس الثانى) ان المتوازيين المنحصرين بين متوازيين آخرين متساويان ينتج من ذلك ان اضلاع متوازى الاضلاع المتقابلة تكون متساوية فاذن ا ب يساوى ث د و اد يساوى ب ث ونقطة و التى يتلاقى فيها قطرا الشكل موجودة فى منتصف كل

منهما

وبيانه ان يقال حيث ان اوث و دوب (شكل ١٦) هما قطرا الشكل يكون مثلثا اب و و دثو متساويين وذلك لانه اولا اب = دث * ثانيا زاوية ودث = زاوية وبا * ثالثا زاوية وثد = زاوية واب على حسب خواص المتوازيات فاذن وب = ود و وا = وث

واكبر قطرى الشكل اللذين هما اث و بد (شكل ١٧) هو ما كان مقابلا لزاويتى ب و د الكبرين وهو اث كما سبق

وبيانه اننا اذا رسمنا خطى ده و ثف عمودين على ضلعى اب و ثد فان هذين العمودين يكونان متساويين ولكن ٥ب اصغر من اف فاذن يكون دب اقصر من مائل اث

ويطلق اسم المعين على متوازى اضلاع ابثد (شكل ١٨) الذى اضلاعه الاربعة متساوية وهذا الشكل ظريف بسبب انتظامه وهو كثير الاستعمال فى فنون الزينة

فاذا كان ضلعان من متوازى الاضلاع على شكل زاوية قائمة فان اضلاعه الاربعة تكون كذلك

وبيان ذلك انه اذا كانت زاوية ا (شكل ١٩) قائمة فى متوازى اضلاع ابثد كان ضلع اد عمودا على ضلع اب وكذلك بث بالنسبة لضلع اب وكانت زاويتا ا و ب قائمتين وكذلك زاويتا د و ث المساويتان لهما

وفى هذه الحالة يطلق على الشكل اسم المستطيل (شكل ١٩) وهو الذى يكون فيه ايضا اث و بد اللذان هما قطرا الشكل متساويين

ولاجل

ولاجل البرهنة على ذلك يكفي ان نلاحظ ان مثلثي ادث و داب القائمي الزوايا متساويان * اولا لان زاوية د القائمة تساوي زاوية ا القائمة * ثانيا لان ضلع اد مشترك بين المثلثين فيكون متساويا بالنظر لكل منهما * ثالثا لان ضلع دث من زاوية د في المثلث الاول يساوي ضلع اب من زاوية ا في المثلث الثاني فاذن يكون ضلع اث الثالث من زاوية ادث مساويا بالضلع ب د الثالث من زاوية داب وحينئذ يكون اث و ب د قطري الشكل

وتكون الاضلاع الاربعة من مربع ا ب ث د (شكل ٢٠) متساوية وكذلك زواياه الاربعة

فاذا اختصرنا خواص الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة لزم ان نذكر الكيفيات الآتية التي ينبغي ان تكون راسخة في عقول الصنايعية وهاك بيانها

ففي المربع تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة وكذلك اضلاعه الاربعة تكون متساوية ويكون قطرا شكله متساويين ايضا

وفي المستطيل تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة ويكون ضلعاه الطويلان متساويين وكذلك ضلعاه القصيران ويكون قطرا شكله متساويين ايضا

وفي المعين تكون اضلاعه الاربعة متساوية ويكون فيه زاويتان منفرجتان متساويتين وزاويتان حادتان متساويتين ايضا ويكون قطرا شكله غير متساويين

ويكون في متوازي الاضلاع ضلعان كبيران متساويين وزاويتان كبيرتان متساويتين وضلعان صغيران متساويين وزاويتان صغيرتان متساويتين ويكون قطرا شكله غير متساويين ويكون اكبرهما مقابلا للزاويتين الكبيرتين واصغرهما مقابلا للزاويتين الصغيرتين

(بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة)

اذا ثنينا جزأ من هذه الاشكال على جزء آخر مساوله فاننا نبرهن اولا على ان شبيه المنحرف ذا الاضلاع المائلة المتساوية (شكل ١٥) يكون متماثلا بالنسبة لمستقيم ه ف المار بمنتصف قاعدتيه وثانيا على ان المستطيل (شكل ١٩) يكون متماثلا بالنسبة لكل خط مستقيم ممتد من منتصف الضلعين المتقابلين وثالثا على ان المعين (شكل ١٨) يكون متماثلا بالنسبة لاحد قطرى شكله ورابعا على ان المربع (شكل ٢٠) يكون متماثلا بالنسبة لقطرى شكله وبالنسبة لكل خط مستقيم مار بمنتصف اضلاعه المتقابلة ولهذا التماثل الموجود فى الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة فائدة عظيمة فى الفنون والميكانيكة

ومن المعلوم ان مجموع ثلاث زوايا من كل مثلث يساوى زاويتين قائمتين وايضا كل شكل ذى اربعة اضلاع مثل ا ب ث د (شكل ١٢) يمكن تقسيمه الى مثلثين كمثلثى ا ب ث و ا ث د اللذين يكون مجموع الزوايا الثلاثة فى كل منهما مساويا لزاويتين قائمتين وزيادة على ذلك يكون مجموع الزوايا الستة من هذين المثلثين مساويا لمجموع زوايا شكل ا ب ث د الاربعة فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل ذى اربعة اضلاع مساويا لاثنين من الزوايا مضروبتين فى مثلهما اعنى اربع زوايا قائمة

واذا وجد شكل مخمس مثل ا ب ث د ه (شكل ٢١) فانه يمكن ان نمد من رأس ا مستقيمى ا ث و ا د الى رأسى ث و د وبهذا ينقسم الشكل الى ثلاث مثلثات يكون مجموع زواياها التسعة مساويا لمجموع خمس زوايا من شكل ا ب ث د ه

فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل مخمس مساويا لثلاث زوايا مضروبة فى اثنين اى لست زوايا قائمة

فاذا تتبعنا هذه الطريقة وجدنا مجموع الزوايا بالنظر لكل شكل له من الاضلاع
٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ مساو بالمجموع
٢ و ٤ و ٦ و ٨ و ١٠ و ١٢ من الزوايا القائمة

(بيان ما يتعلق بالدائرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة)

يمكن مرور اى دائرة بروس مثلث ا ب ث الثلاثة (شكل ٢٢) وكيفية ذلك ان نمد من م الذى هو منتصف ا ب خط م و عمودا على ا ب ومن ه الذى هو منتصف ب ث خط ه و عمودا على ب ث فتكون نقطة و التى يتلاقى فيها هذان العمودان على بعد واحد من روس ا و ب و ث الثلاثة فاذن تكون هذه النقطة مركز الدائرة التى تمر بالنقط الثلاثة المذكورة

وكل مثلث روسه الثلاثة موضوعة على محيط الدائرة يسمى مثلثا مرسوما فى داخل الدائرة

ومتى كان المثلث قائم الزاوية (شكل ٢٣) اعنى متى كان فيه زاوية قائمة كزاوية ب فان نقطة و التى هى مركز الدائرة المارة بروس المثلث الثلاثة تكون فى منتصف ضلع ا ث المقابل للزاوية القائمة وهذا الضلع يسمى كما سبق بوتر الزاوية القائمة

وها طريقة يسهل بها الوصول الى ايضاح هذه القاعدة

وهى انه فى مستطيل ا ب ث د (شكل ٢٥) يكون قطرا الشكل متساويين وكذلك انصافهما المشار اليها بخطوط و ا و و ب و و ث و و د التى يمكن جعلها انصاف اقطار الدائرة فاذن يمكن دائما رسم مستطيل فى داخل اى دائرة كانت (شكل ٢٥) وبناء على ذلك يمكن ايضا رسم اى مربع داخل دائرة كما فى (شكل ٢٦)

واذا علم مثلث ا ب ث القائم الزاوية (شكل ٢٥) واريد رسم

مثلث ا د ث مساويا له رسمنا مستطيلا فى الدائرة التى يكون مركزها فى منتصف ا ث فاذن يكون قطر الدائرة المارة بروس ا و ب و ث الثلاثة من مثلث ا ب ث القائم الزاوية وهى نقطة ب هو ضلع ا ب الاكبر من هذا المثلث

وينتج من ذلك انه يمكن ان يكون كل شكل ذى اربعة اضلاع مثل ا ب ث د (شكل ٢٤) الذى زاويتاه المتقابلتان وهما ب و د قائمتان مرسوما فى الدائرة التى تمر بروس هذا الشكل الاربعة

ومن المعلوم ان قطر ا ث يقسم هذا الشكل الى مثلثين قائمى الزوايا مرسومين فى الدائرة التى قطرها ا ث

واما الاشكال التى تكون اضلاعها اكثر من اربعة فانها تسمى باسماء تدل على عدد زواياها واضلاعها

مثلا للمخمس من الاضلاع والزوايا ٥ وللمسدس ٦ وللمسبع ٧ وللمثمن ٨ وهلم جرا

والذى يستحق الذكر من الاشكال التى يطلق عليها اسم كثير الاضلاع (اعنى الاشكال التى لها عدة زوايا) هى الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة لانها كثيرة الاستعمال مع الاهتمام فى الصناعة

والاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة هى التى تكون جميع اضلاعها وزواياها متساوية

فعلى هذا التعريف اذا وجدنا نقطة كنقطة و على بعد واحد من ا و ب و ث التى هى روس كثير الاضلاع المنتظم وهو ا ب ث د ه ف نقول انها تكون ايضا على بعد واحد من سائر الروس الاخر فاذن ينتج ان و ا = و ب = و ث = و د وهلم جرا

وبيان

وبيان ذلك ان مثلثي أ و ب و ب و ث المتساويي الساقين متساويان حيث ان قاعدتيهما المشار اليهما بخطي أ ب و ب ث متساويتان وكذلك اضلاعهما المتماثلة المشار اليها بخطوط و أ و و ب و و ث فتكون الزوايا المتماثلة مساوية ½ ب حيث ان مجموع الزاويتين المتوسطتين يساوي زاوية ب ويكون مثلث و ث د مساويا لمثلث و ث ب لان ضلع و ث مشترك بينهما و ث د يساوي ب ث كمساواة اضلاع كثير الاضلاع المنتظم لبعضها وزاوية و ث د = زاوية و ث ب لان احدى هاتين الزاويتين هي نصف مجموعهما ويبرهن بمثل ذلك على ان مثلثي و د ه و و ه ف وكذلك ما اشبههما مساويان للمثلث الاول وبناء عليه يكونان متساويي الساقين فاذن تكون اضلاعهما المتماثلة التي هي و أ و و ب و و ث متساوية وعلى ذلك تكون نقطة و على بعد واحد من سائر رؤس الشكل المنتظم فتكون حينئذ مركز للدائرة المارة بجميع هذه الرؤس

وقد توجد هذه الدائرة متى امكن مرورها بالرؤس الثلاثة المذكورة وهذا ما يحصل دائما وينتج من ذلك انه يمكن دائما رسم دائرة يرسم داخلها شكل كثير الاضلاع المنتظم ولو بلغت اضلاعه في الكثرة ما بلغت

وبالعكس اذا كان المعلوم دائرة وامكن ان يرسم في داخلها شكل كثير الاضلاع يكون عدد اضلاعه على حسب ما يراد يكفي لذلك ان نقسم محيطها الى عدة اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من الاضلاع في شكل كثير الاضلاع ونضم نقط التقسيم الى بعضها بواسطة الخطوط المستقيمة

وقد ذكرنا في الدرس الثالث نسب الطول الحاصلة بين انصاف اقطار الدائرة وابعاد هذه النقط التي هي في الحقيقة اطوال اضلاع الاشكال كثيرة

الاضلاع وبهذا لا يوجد فى ذلك صعوبة

(تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة)

يستعمل مهندسوا الجهادية الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة فى رسم استحكاماتهم المنتظمة بشرط ان يكون عدد اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع على حسب المحل المراد تحصينه ولا يستعملون المثلث المتساوى الاضلاع والمربع الا فى الاستحكامات السفرية ويستعملون المخمس والمسدس والمسبع فى الاحاطة بالاماكن الصغيرة والقلاع ويستعملون ايضا الاشكال التى عددها كثير فى الاحاطة بالمدن العظيمة

تطبيق الاشكال المتقدمة على التبليط وتلوين الاخشاب والقزاز والتزويق

الغرض الاصلى من المسئلة المستعملة عادة فى هذه الاشكال هو كونها تملاء فراغا باشكال منتهية بخطوط مستقيمة ويعلم من ذلك ان هذه المسئلة قابلة لتحليلات عديدة على حسب التركيبات غير المتناهية للخطوط المستقيمة التى يمكن رسمها على اى مستو كان

فاذا اردنا ان تكون جميع الاشكال منتظمة ويكون عدد الاضلاع واحدا صارت المسئلة محددة كثيرا ولا يمكن حلها الا بالاشكال الآتية وهى

اولا المثلثات المتساوية الاضلاع التى تتصل رؤسها ستة ستة بنقطة واحدة (شكل ٢٧)

ثانيا المربعات التى تتصل رؤسها اربعة اربعة بنقطة واحدة (شكل ٢٩)

ثالثا المسدسات التى تتصل رؤسها ثلاثة ثلاثة بنقطة واحدة (شكل ٢٨)

ولاجل البرهنة على هذه الدعاوى نذكر الجدول الآتى فنقول ان زوايا الشكل كثير الاضلاع المنتظم الذى له من الاضلاع

٣	و ٤	و ٥	و ٦	و ٧	يكون قدرها
°٦٠	و °٩٠	و °١٠٨	و °١٢٠	و °$١٢٨\frac{٤}{٧}$	

وزوايا الشكل الذى له من الاضلاع
٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ يكون قدرها
١٣٥° و ١٤٠° ١٤٤° ١٤٧ $\frac{٣}{١١}$° و ١٥٠°

وبناء على ذلك تكون ٦ × ٦٠° و ٤ × ٩٠° و ٣ × ١٢٠°
= ٣٦٠°

واذا لم يقسم عددا آخر من اعداد الدرجات ٣٦٠° الى عدد صحيح الاجزاء فلا يمكن ملء الفراغ الموجود حول نقطة معلومة بزوايا اخر من زوايا كثير الاضلاع المنتظم وانما تملأ بزوايا الاشكال الثلاثية الاضلاع والرباعية والسداسية

تنبيه اذا ملئت المسافة التى حول نقطة ما (شكل ٢٧) بستة مثلثات متساوية الاضلاع فانه يتألف من الاضلاع الستة الخارجة مسدس منتظم مرسوم داخل دائرة انصاف اقطارها الاضلاع الداخلة وبناء على ذلك تكون اضلاع المسدس مساوية لنصف قطر الدائرة المرسوم داخلها وهذا من اعظم الفوائد النافعة فى الصناعة

ولا تسوغ لنا كثرة الاشياء التى تتعلق بها آمالنا فى هذا الكتاب ان نختبر على وجه التفصيل عدة اشكال منتظمة كثيرا او قليلا تحدث للفنون عند انضمامها الى بعضها نتائج عظيمة يتولد من مطالعتها ورسمها للتلامذة ملكة وفطانة

واذا اقتضى الحال عمل التزويق او تلوين الاخشاب او التبليط الذى يمشى عليه لزم ان لا تكون نقطة ما محل اجتماع الرؤس العديدة لاننا اذا وضعنا على هذه النقطة قدما او جسما ثقيلا فانها تتقادم مع السهولة وقت الانضغاط وهذا هو الذى ينشأ عنه فساد صحة الصناعة وصلابتها

و بهذا لا يستعملون فى الغالب تركيب المثلثات المتساوية الاضلاع التى تتصل

رؤسها ستة ستة بنقط متحدة

ويجتنب اتصال رؤس المربعات اربعة اربعة بنقطة واحدة

ومتى اردنا تغطية ارضية بالمربعات المتساوية فانه يهتم بتنظيم تلك المربعات او المستطيلات بواسطة الصفوف المستقيمة وباتصال المربعات بعضها على صف مقابل لمنتصف مربعات الصف الثانى ونستعمل على حسب هذه القاعدة فى تركيب الابنية عادة احجارا منحوتة على مقتضى الصورة المطلوبة وموضوعة فى الوضع المعين فى (شكل ٣٠)

وكان الرومانيون فى الغالب يجعلون شكل المعين للاحجار والقوالب التى كانوا يشيدون بها اسوارهم وكانوا يطلقون على نوع هذا الشغل اسم البناء المرصوص (شكل ٣١) لان منظره يشبه الصف شبها تاما

ولاستعمال شكل المسدس فى تبليط الاماكن منافع كثيرة (شكل ٢٨)

وتتخذ النحل بيوتها على هيئة شكل المسدسات المنتظمة وخاصية هذا الشكل ان النحل تملأ مسكنها بقدر معلوم من الشمع

وكان القدماء يشيدون ابنيتهم المتينة بكتل كبيرة من الاحجار المنحوتة على هيئة الاشكال كثيرة الاضلاع غير المنتظمة والى الآن يوجد كثير من هذه المبانى فى بلاد ايطاليا وجزيرة سيسليا وبلاد اليونان كالمبانى التى يقال لها المبانى الصقلوبية المعينة فى (شكل ٣٢)

وفائدة البناء بهذه الطريقة هى ان الكتل الكبيرة المعدة لرفع الابنية تستعمل على حالتها الطبيعية بحيث لا ينقص من حجمها الاصلى عند النحت الاشئ قليل جدا

وفى الرصيف الشهير الذى شيده الانكليز لوقاية مينا مدينة بلوموتة من شدة تلاطم امواج البحر كسوا اعلاه ومنحدره الداخلى من الجزء الاعلى بقطع غليظة من المرمر معشقة ببعضها ومفصلة كالمبانى الصقلوبية وبهذا التعشق لا يمكن ان البحر يدفع كتلة واحدة وانما يجعل كل كتلة من هذه الكتل مقوية لصلابة الجميع

(بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقواس دائرة)

اذا تنوعت الاشكال المؤلفة من خطوط مستقيمة امكن لنا ان نعرف كثرة هذا التنوع الموجود في الاشكال المؤلفة من اجزاء الخط المستقيم والدائرة

واسهل الاشكال المؤلفة ما تألف من نصف دائرة وقطرها كشكل الغرافومتر والمنقلة المستعملين لنقل الزوايا وكصورة الملاعب عند القدماء وشكل المدرجات المعدة للجمعيات العامة وللتعليم عند المتأخرين

ويكون الخطيب او المعلم في مركز ث (شكل ٣٣) ويكون الناظرون مصطفين على انصاف دوائر متساوية البعد ويكون مركزها نقطة ث وقطرها ا ب

فاذا رسمنا من نهايتي قطر ا ث ب (شكل ٣٤) خطين عمودين على القطر المذكور فانهما يصيران مماسين في نقطتي ا و ب لنصف دائرة ا م ب واذا رسمنا ايضا في اي بعد خط ہ ف المستقيم الموازي لخط ا ب فاننا نكمل شكلا مستعملا كثيرا في الفنون وهو شكل القباب والابواب المقوصرة وسميت بذلك لان انحناء القوصرة تام من سائر الجهات

واذا رسمنا في اصلا مستطيل ا ب ف ہ (شكل ٣٥) بواسطة نصف قطر ا ب اولا من نقطة ا المعتبرة مركزا قوس ب م وثانيا من نقطة ب المعتبرة ايضا مركزا قوس ا م فانه يحصل لنا الشكل الذي يكون على هيئة القباب التي يطلق عليها اسم القباب الحادة

وينتسب شكل القباب المقوصرة الى المباني اليونانية وكذلك الى المباني المتأخرة وينتسب شكل القباب الحادة الى المباني الغوطية ولكل من هذه المباني المتقدمة المستعملة باشكال هندسية متنوعة اشكال بعلامات خصوصية تميزها عن بعضها وكل منها جدير بالاعتبار وتعجب ارباب الذوق

السليم ومستحق ان يكون الغرض الاصلى من المطالعة الجيدة نظر الطرافة اشكالها ومعادلتها لبعضها ولشدة علوها وصلابة تراكيبها

فاذا رسمنا فى (شكل ٣٤) نصف دائرة على قطر ه ف فانه يحصل معنا محيط ا م ب ف ن ه الذى يكون سطحه كسطح الميادين التى اعدها القدماء للمسابقة على الخيل ولهذا سميت ميادين ملاعب الخيل وكانت الحدود التى تدور حولها الخيالة موضوعة فى مركزى ث و ش اللذين هما مركزا الاجزاء المستديرة

ويستعمل المتأخرون لتشييد القناطر والعمارات قبابا مقوصرة مركبة من عدة اقواس دوائر وهذا هو الذى يطلق عليه اسم القباب المصنوعة على صورة اذن القفة ويوجد فى (شكل ٣٦) اقواس من الدوائر لها ثلاثة مراكز مشار اليها بنقط و و ح و خ وسيأتى بيان ذلك فى الدرس الرابع عشر

وهناك نوع من المبانى الغوطية والمورسكية يحتوى على صناعة القباب بواسطة قوسى ب د و غ ف الصغيرين المنحنيين بالكلية (شكل ٣٧) الموصولين بمستقيمى د ه و ه ف اللذين يتألف منهما زاوية منفرجة

وببلاد الانكليز كثير من المبانى الغوطية المشيدة على وفق هذا النوع المتقدم وهى شهيرة بظرافة شكلها وشدة علوها ككنائس هنرى الثامن المشيدة فى مدينة وستمنستير وكنائس ترينيته المشيدة فى قمبريج وكنائس قصر وندسور

(بيان رسم تفصيل العمارات)

قد ابتدع البناؤن تركيبات بسيطة نفيسة من الدائرة والخط المستقيم لتزيين العمارات بالشكل المسمى خراطة ويستعمل قطاع الخشب والنجارون وخراطو الاخشاب الرفيعة وصناع الآلات الاشكال المذكورة ويجب عليهم

ان يعرفوها حق المعرفة

واسهل هذه الاشكال هو الشريط المركب من خطين متوازيين قريبين من بعضهما ومنتهيين من اطرافهما بعمود واحد ويرى فى (شكل ٣٨) شريط واحد كشريط آب ويرى ايضا من نوع هذا الشريط عدة شرائط موضوعة فوق بعضها فى (شكل ٣٩) الدال على عمود البناء الدوريقى اليونانى المسمى بالشكل البستومى حيث انه يوجد فى مدينة بستوم هيكل محاط باعمدة ظريفة من هذا الشكل

ويضمون عادة الى مابقى من العمارات شريطا واحدا بواسطة ربع دائرة ب ث المماس لاسفل الشريط فى نقطة ب وللضلع المنتصب من الحائط فى نقطة ث ولضلع العمود المربع او العمود الجانبى الذى يراد رسمه

وكذلك يجعلون عادة فوق الشريط نصف دائرة بارزا يطلق عليه بالفرنساوية اسم البودين (شكل ٣٨)

ثم انهم يستعملون تارة ربع الدائرة المحدب الذى يطلق عليه اسم ربع دور مثل ام ب دون غيره (شكل ٤٠) ويستعملون تارة ربع الدائرة المجوف مثل ام ب (شكل ٤١)

ويتألف الكعب من ربعى الدائرة اللذين هما ام ب و ب ن د (شكل ٤٢) اذا كان نصف قطرهما واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفى و و ح موضوعا على منتصب واحد

ويتألف كذلك الحافر من ربعى الدائرة اللذين هما ام ب و ب ن د (شكل ٤٣) اذا كان نصف قطرهما واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفى و و ح موضوعين على خط افقى واحد

وهذه هى المبادى البسيطة التى يركب بها البناؤن انواع القوصرات

والافاريز والقواعد والرؤس الموجودة فى كل من المبانى القديمة والجديدة
ولا ينبغى ان يعتقد ان تركيب هذه الاشكال يتيسر لكل من اراد يعنى انه
يمكن عمله بالصدفة والاتفاق اوعلى حسب ما تقتضيه الاهوآء الفاسدة
الناشئة عن اختلال العقل بل يلزم ان يكون استكمال فن رسم تفصيل
العمارات واجزائها المتنوعة ناشئا عن مراعاة قوانين التنوع والتباين
وتجنب الزينة فى البناء وعوضا عن التوسع فى هذه الزينة ونشرها يلزم
تركيبها جملة جملة ليسهل على النظر الاحاطة بها ويلزم ايضا فصل تلك الجمل عن
بعضها بمسافات كبيرة مستوية وينبغى لنا ان نقابل فى كل جملة الخراطات
الرفيعة بالخراطات الكبيرة والاشكال المستقيمة بالاشكال المستديرة حتى
نظهر من كل جملة الاشكال المكتنفة بها وهذه هى القواعد الاصلية
المستعملة فى فن زينة المبانى اعنى القواعد التى لم يختص باستكشافها اعظم
بناءى اليونان والايطاليين ولا باستعمالها فى مبانيهم حيث وجدوها
مستعملة مع الاتقان فى المبانى الظريفة الموجودة ببلاد مصر القديمة
وفى العمارات الغوطيسة التى حصلت فى القرون الوسطى وفى المساجد
والسرايات التى شيدها العرب ببلاد الاندلس فى العصر الذى اظهروا فيه بهذه
الايالة العلوم والفنون التى كانت معدومة وقتئذ فيما بقى من بلاد
اوربا

وهنا لك عملية هندسية اكثر نفعا من النقش الظاهرى ومن رسم الزينة الجانبى
وهى معرفة مستوى العمارات ورسمه وقد تؤول جميع الاشكال المستعملة
عند البنائين الى شكلى الخط المستقيم والدائرة وفيما ندر من الاحوال التى
يحتاجون فيها الى اشكال دقيقة يقسمون هذه الاشكال الى اجزآء
مستديرة كما اسلفنا ذلك فى القباب المقوصرة

واذا احتاج البناءون الى تشييد عمارة فى فراغ متسع جدا وجب عليهم ان
ينتخبوا اشكالا منتظمة يسر الناظر كل من بساطتها واستوآئها وتماثلها
ويستدل بها على الفطنة والنظام اللذين بموجبهما يشيد الانسان مبانيه

وعماراته

والمختار من هذه الاشكال عموما هو المستطيل او المربع لانهما ينقسمان مع السهولة الى تقسيمات ثانوية متحدة الصورة لازمة للتقسيم وليس فيهما عيب سوى انهما لا يطابقان المحيطات المستديرة الداخلية الامع تضييع المسافة وحدوث اركان صغيرة مختلفة الشكل يلزم اخفاؤها عن النظر ومع ذلك لا تخلو هذه الاركان عن فائدة وهي ان يبنى فيها سلالم مخفية او مخازن للاشياء التي لا ينبغي اظهارها

ويجبر البناء في المدن التي تكون اراضيها غالية على ان يستخرج منفعة من الاراضي الضيقة و يرسم الاماكن المنتظمة رسما جيدا بقدر الامكان في شكل غير منتظم بالكلية وفي مثل هذه الاماكن تكون عادة تركيب الاشكال الهندسية مع بعضها مستعملة بكثرة عند ارباب الصناعة وبها يجدون اعظم التركيبات

ومن معلمي البناء من يعتقد انه يجعل تلامذته ماهرين بان يعطيهم صورة عمارات بحيث لو بنيت لكانت مصاريفها تبلغ ملايين من الاموال ولو اراد الانسان ان يبني على منوال تلك الصور لما تيسر له ذلك الا في سهول وهمية بمعنى ان ذلك متعذر فلذا ترى هؤلاء المعلمين يعوّدون تلامذتهم على زخرفة المباني المؤدية الى الاستهزاء والسخرية وعلى مصاريف كثيرة يتعذر حصولها فيما بعد عند الاهالي فمن ثم كان الاولى ان يعوّدوهم دائما على انشاء رسم العمارات بشرط ان يتبعوا الاشكال المختلفة الممكن وجودها في داخل المدن التي بيوتها متلاصقة وذلك لان الشبان لهم ملكة الابتداع والاختراع

(الدرس الخامس)

(في بيان الاشكال المتساوية والمتماثلة والمتناسبة)

يكون الشكلان متساويين اذا كان احدهما موضوعا على الاخر وكان محيطاهما متحدين بالكلية في جميع امتدادهما

وقد اكتسبت الفنون من علم الهندسة عدة طرق متنوعة لرسم شكل مساو

لاخر وهذه مسئلة مهمة جدا وكثيرة الاستعمال فى الصناعة

ولذا اذا اقتضى الحال عمل اجسام من النحت او النقش او الزخرفة اوغير ذلك فانه يلزم عمل قوالب واوانيك تكون ابعادها مساوية بالكلية لابعاد الاجسام المراد عملها

وقد تقدم لنا فى الدرس الثانى انه يمكن بطريقة المتوازيات المتحدة فى الطول مع غاية السهولة رسم شكل يكون مساويا الآخر وموضوعا على وجه بحيث تكون الخطوط المتقابلة فى الشكلين متوازية

وبواسطة هذه العملية يظهر كثير من الغلط بقدر ما يكون للمتوازيات المراد رسمها من الطول وبقدر تباعدها عن بعضها وينبغى ان يضاف الى اسباب هذا الغلط عدم ضبط المساطر والبيكارات والحبال المستعملة فى قياس الابعاد وعدم اتقان البراية الرفيعة كثيرا اوقليلا لاقلام الرصاص والريش واقلام الجداول المستعملة عندهم وهلم جرا

وقد تكون الطريقة التى يستعملها المهندس فى صور كثيرة ليحقق من تساوى شكلين مستعملة ايضا عند الصانع فى رسم شكل مساو للآخر ولنذكر الآن الطريقة المعدة لوضع احد هذين الشكلين على الآخر وننظر هل احدهما يتجاوز الآخر فى هذا الوضع بنقطة اولا فنقول

لنرسم شكل ا ب ث د الخ (شكل ١) على امتداد كامتداد م ن ح خ (شكل ١ مكرر) كقطعة قماش تنشر اولوح معدنى اوغير ذلك ونضع شكل ا ب ث د على وجه بحيث يكون موجودا على ا ب ث د فى م ن ح خ (شكل ١ مكرر) ثم نقسم م ن ح خ على حسب اضلاع ا ب و ب ث و ث د فينتج لنا شكل ا ب ث د الخ المساوى بالضرورة لشكل ا ب ث د الخ

وعوضا عن كوننا نقسم الشكل الثانى بلا واسطة نرسم فى الغالب بواسطة قلم الرصاص او الطباشير او الحبر اوغير ذلك محيط ا ب ث د الخ مع ملازمة

اطراف الشكل الاول ثم تقطع النظر عن الشكل الاول ونرسم الشكل الثاني مع السهولة

وهذه هي الطريقة التي يصنع بها الخياطون ومخانق الاحجار والنحاسون والسمكرية ومهندسو السفن وغيرهم من ارباب الصنائع شكلا مساويا لارنيك معلوم

(بيان طبع الرسم اى النقل بالفحم)

اذا لم يكن الشكل الاول مقطوعا على السطح الذى يشتمل عليه فلا يمكن استعمال الطريقة التي ذكرناها آنفا فاذن اذا كان الشكل المجعول ارنيكا لم يبلغ الغاية في اللطف فانه يمكن تطبيقه على م ن ح خ مع غرز سائر النقط الشهيرة وهى ا و ب و ث و د التي نصلها فيما بعد بخطوط مستقيمة ونغرز في بعض الاحيان الخطوط التامة التي ينبغي تحصيلها ثم نضرب بخرقة مملوءة من الفحم المسحوق على الارنيك الذى يغطى م ن ح خ فنطبع الشكل الاول (وهذه هى كيفية طبع الرسم بالفحم) وتكون اجزاء الفحم الصغيرة المارة بداخل كل ثقب دالة بكثرتها على سائر محيطات الشكل المراد تحصيله وقد وجد ارباب الصناعة طرقا اخرى لرسم صورة تامة بدون تلك الارنيك

(بيان نقل الرسم)

لاجل عدم ثقب الرسم نضع فرخا من الورق الشفاف على الجسم المراد اخذ صورته ونتبع بقلم الرصاص او بالمنقاش او الريشة او غير ذلك المحيطات المراد تحصيلها وهذا هو الذى يطلق عليه اسم نقل الرسم

(بيان تماثل الاشكال)

يكون شكلا ا ب ث د الخ و آ بَ ثَ دَ الخ (شكل ١ مكرر) متماثلين اذا كانت نقطهما المتقابلة وهى ا و آ و ب و بَ و ث و ثَ الخ موضوعة على متوازيات يقطع منتصفها عمود م ن واذا ثنينا برواز م ن ح خ على م ن حَ خَ فمن المعلوم

الى النقطة أ تنطبق على أ و ب على ب الخ بحيث انه اذا امكن طبع ا ب ى الخ على م ل ح خ فانه يظهر فيه شكل أ ب ث ى الخ المماثل له فاذن يمكن بواسطة المتوازيات والعمود الذى يقطعهما من منتصفها رسم شكل أ ب ث ى الخ مماثلا لشكل آخر مثل ا ب ث ى

(بيان تحصيل الاشكال المتساوية او المتماثلة بالنحت والطبع والتغرافيا)

(اى الطبع بالحجر) وغير ذلك

الغرض الاصلى من هذه الفنون هو ان نضع على لوح او سطح من الخشب او المعدن او الحجر او غيره من سائر الجواهر اشكالا يمكن نقلها بالدقة على سطوح أخر وينبغى لنا ان نلاحظ ان الشكل المطبوع يكون منعكسا بالنسبة لشكل اللوح لان ما كان على الجهة اليمنى يطبع على الجهة اليسرى وبالعكس فاذن يلزم ان يكتب على ظهر اللوح اذا اريد ان الكتابة تكون على وضعها الاصلى راجع (شكل ١ مكرر) وهذا هو السبب فى نقش حروف الطبع بالعكس ووضعها مقلوبة لتكون فوق الورق على صورتها الاصلية وتكون متتابعة من الشمال الى اليمين (وهذا على طريقة الفرنساوية واما الطريقة العربية فهى بالعكس) فيتحصل حينئذ من الطبع البسيط نسخ غير مساوية لاشكال اللوح الا انها متماثلة

(بيان تحصيل الاشكال المتساوية بالطبع)

اعلم اننا ننقش ونركب ونرسم القوالب التى نطبع بواسطتها على الالواح المستعملة فيما بعد لطبع الحروف والمويسقى والرسم وغير ذلك وقد تكون الاشياء المطبوعة مارة من الشمال الى اليمين بواسطة الطبع الاول ومن اليمين الى الشمال بواسطة الطبع الثانى فاذن تكون الاشياء المطبوعة متحدة ومتساوية على القالب الاصلى والنسخ المتحصلة من اللوح المتوسط ونضع بحسب هذه القاعدة فى الجهة الاصلية المنقاش المجعول قالبا لصب حروف الطبع وبناء على ذلك تكون هذه الحروف منعكسة ويكون الطبع الناشئ عنها فى الجهة

الاصلية

الاصلية وفى النقش والتغرافيه نرسم ونكتب فى الجهة الاصلية على الورق او على القوة المجهزة فتكون هذه الكتابة مقلوبة على الحجر ومعتدلة على الاوراق التى ينشأ عنها التغرافيا

والمطلوب الآن من علم الهندسة طرق جديدة لرسم شكل مساو لآخر فلنفرض شكلا كشكل ا ب ث د ه ف ع ا (شكل ١) للمؤلف من عدة اضلاع على حسب المطلوب فاذا امددنا من نقطة ا التى هى رأس كثير الاضلاع المنتظم او غير المنتظم الى سائر الرؤس الاخر خطوطا مستقيمة فاننا نقسم كثير الاضلاع المذكور الى مثلثات وحيث انه يسهل علينا رسم مثلث يكون مساويا لآخر مع جعل مثلث ا ب ث مساويا للمثلث ا ب ث ومثلث ا ث د مساويا للمثلث ا ث د وا د ه مساويا للمثلث ا د ه وهلم جرا يؤول الامر الى كوننا نرسم شكل ا ب ث د ه ف ع بتمامه (شكل ا مكرر) مساويا للشكل ا ب ث د ه ف ع (شكل ١)

ويمكن تحصيل شكل ا ب ث د ه ف ع ا باستعمال بيكار واحد لقياس طول الاضلاع ومنقلة لقياس الزوايا فترسم اولا ضلع ا ب مساويا لضلع ا ب واذا وضعنا مركز المنقلة فى نقطة ب ومددنا القاعدة القطرية من المنقلة على اتجاه ضلع ا ب استخرجنا مع الصحة عدد درجات زاوية ا ب ث وكسور درجتها وننقل المنقلة الى نقطة ب على الشكل الجديد المراد رسمه ثم ننقل عدد الدرجات التى قسناها آنفا وتكون م هى النقطة المقابلة لهذا العدد على محيط المنقلة فاذا بينا على الورق نقطة م بواسطة طرف البيكار ورسمنا مستقيم ب م ث مساويا ب ث تحصل معنا ضلع ثان من الشكل الجديد فاذا نقلنا المنقلة الى نقطة ث تحصل لنا زاوية ب ث د المنقولة الى ب ث د وهكذا الى ما لا نهاية واذا كانت العملية مضبوطة ضبطا تاما فان الضلع الاخير وهو ع ا يصل فى حال رسمه الى نقطة ا الاولى ويكون طوله

مساويا الطول غ ا لكن اذا كان عدد اضلاع كثير الاضلاع قليلا فلا يمكن الوصول الى مثل هذه النتيجة ويكون اقل خطاء يحصل فى اى زاوية ظاهرا فى جميع الزوايا الاتية حيث ان اتجاه احد الاضلاع يكون ثابتا على حسب الضلع المتقدم وبالجملة فالخطاء الحاصل فى طول اى ضلع يجعل الشكل كبيرا او صغيرا بنقل سائر اضلاع الشكل كثير الاضلاع بالتوازى الى الخارج او الداخل

وقد ذكرت هذه القاعدة لابين لك انه يمكن ان يكون كثير من طرق العمل القوية عرضة للخطاء فى العملية ويمكن بواسطة طريقة حسنة ان تكون العمليات سهلة مضبوطة

ولنبحث عن اعظم طريقة نرسم بها شكلا مشابها لآخر

وحاصلها اننا اذا رسمنا بالتوالى مثلثى ا ب ث و ا ث د (شكل ا مكرر) مع مقابلتهما للمثلثين المساويين لهما فقط فانه يمكن مع غاية الصعوبة اجتناب الخطا الجسيم ولا يخفى ان ما يقع فى كل زاوية من الخطا الذى يزداد بقدر ازدياد عدد الزوايا ينشأ عنه مقدار جسيم من الخطاء فاذن يمكن ان تكون زاوية ب ا غ الكلية مغايرة لزاوية ب ا غ تغايرا حسيا مع ان زاويتى ب ا ث و ا ث د الجزئيتين المطروقتين فيها مغايرتان قليلا لزاويتى ب ا ث و ث ا د المقابلتين لهاتين الزاويتين

وها هى الطرق التى تؤخذ من علم الهندسة لاثبات هذه المساواة

الطريقة الاولى استعمال المتوازيات وحاصلها ان كل زاويتين يكونان متساويتين اذا كانت اضلاعهما متوازية

الطريقة الثانية اذا قسنا بالبيكار وجدنا ا ب يساوى ا ب و ا غ يساوى ا غ و ب غ يساوى ب غ

الطريقة الثالثة ان نمد ضلعى ب غ و ب غ اللذين كل منهما ضلع

ثالث من مثلثي ا ب غ و ا ـ غ ثم ننظر هل نقطة ا على بعد واحد من ب غ كنقطة ا من ـ غ اعنى هل عمودا از و از النازلان من نقطة ا على ب غ ومن نقطة ا على ـ غ مساويان لبعضهما ام لا

وعند انتهاء اثبات تساوى زاويتى ا ب غ و ا ـ غ نرسم فيهما خطوط ا ث و ا ث و اد و اء لنضع فيهما زوايا جزئية متساوية بان نجعل طول ا ث مساويا لطول ا ث وطول اد مساويا لطول اء وطول ا ه مساويا لطول ا ه ثم نرسم اضلاع ـ ث و ث ء و ء ه و ه ف الخ فيحصل معنا رسم الشكل الثانى

فنثبت اولا رسم الجزء الاخير اما بواسطة البيكار وننظر هل ث د يساوى ث ء و د ه يساوى ء ه او بواسطة الغرافومتر وننظر ايضا هل زاوية ا ب ث تساوى زاوية ا ـ ث وزاوية ب ث د تساوى ـ ث ء وهلم جرا فاذا ظهر لنا بعض خطأ اعدنا العمليات لنعرف منشاء الخطأ ونصححه

(بيان قاعدة المربعات)

يستعمل ارباب الصنائع هذه القاعدة بكثرة لاحداث شكل مساو لآخر (شكل ٢)

وذلك بان يقسموا فى مبدء الامر الشكل الذى يريدون الرسم على نسقه الى طبقات متساوية بواسطة المتوازيات المتجهة الى جهتين عموديتين ويضعوا نمرة على كل جهة من جهات هذه القسمة الاربع لتسهل معرفتها ويعملون قسمة مشابهة لهذه القسمة على المستوى الذى ينبغى لهم ان يرسموا عليه شكلا جديدا مساويا للاول وبعد اجرآ القسمة المذكورة يبينون النقط الضرورية التى توجد فى كل من هذه المربعات

واذا بحثنا فى مبدء الامر لنتحقق من وجود شيء فى طبقة و ا و و ا رأينا

انه لا يوجد شئ فى طبقة ١ و ٢ و ١٠ و ٢ الا رأس آ الموجود
على خط مشار الى كل من طرفيه برقم ٤ و ٤ فنجعل على هذا الخط
انفراج البيكار مساويا لبعد هذه النقطة فى ١ و ١ ونضعه على الشكل
الجديد فى ١ و ١ آ فنرى ان نقطة ب تكون فى مربع ٢ و ٣
و ٦ و ٧ ونقيس بعد ب بخطوط ٢ و ٢ و ٦ و ٦
وننقل هذه الابعاد الى الشكل الجديد فيتحصل معنا نقطة ت وجميع رؤس
ث و د و هـ وغيرها ونرسم كثير اضلاع ا ب ث د هـ الى ا
مساويا لكثير اضلاع ا ب ث د ه الى ا

وقد يوجد كما فى الطريقة التى ذكرناها آنفا ثلاثة انواع من الخطاء ناشئة
عن الخطاء الكلى * اولا فى توازى اومساواة الخطوط التى تتألف منها
المربعات * ثانيا فى رسم كل خط اما بالنسبة لاستقامته اولسمكه اوغير ذلك
* ثالثا فى قياس وضع كل نقطة

وطالما كررت لك انه ينشأ عن استعمال هذه الطرق البسيطة كثير من الخطاء
وانه يلزم ان يكون عند ارباب الصناعة مهارة عظيمة فى العملية واهتمام كلى مع
التؤدة وجودة الذهن ليتجنبوا هذا الخطاء اويعرفوا منشاءه فيصححوه وبهذا
التصحيح يستدل على تقدم الصناعة وانها بلغت درجة الكمال وبالجملة فلا تعجب
من كونه يلزم مضى عدة قرون حتى يصل الانسان الى صنع آلة صناعة تامة
بحيث تكون قواعدها معلومة واشكالها محكمة التحديد الان نجاحها
يكون معلقا على صناعة اجزائها المتنوعة فمن ثم كان يعسر على الملل التى
لم تتقدم فى الفنون المحتاجة الى الضبط والاتقان ان تصل الى درجة غيرها
من الملل المتقدمة فى الفنون المذكورة وذلك لان تقدم هذه الملل يعينها دائما
على تنقيص الاسباب الموجبة للخطاء فى العملية * والقضية العلمية المعروفة
حق المعرفة والمطبقة على العملية بوجه الصحة هى التى تجعل الملل التى ليست
فى مرتبة واحدة متساوية فى المعارف بل وتجعلها فائقة على من يعادلها
من الملل الاخرى التى سبقتها باستكمال محصولات الصناعة وهذا هو الغرض

الاصلي مماذكرناه في هذا الشان

(بيان الاشكال المتناسبة)

لا يكفي لارباب الصناعة ان يعرفوا مجرد عمل شكل مماثل اومساو لآخر بل هم محتاجون في الغالب لعمل اشكال تشبه شبها تاما اشكالا اخرى غيرانها تكون اكبر او اصغر منها وعلم الهندسة هو الذي تعرف به طريق الوصول الى ذلك بواسطة خواص الخطوط المتناسبة والمثلثات المتشابهة

ولنفرض ان مستقيم ا ف (شكل ٣) منقسم الى اجزاء متساوية مثل ا ب و ب ث و ث د و د ه الخ ونفرض ايضا اننا مددنا من كل نقطة من نقط التقسيم على اى اتجاه من الاتجاهات متوازيات ا ا و ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ فتكون هذه المتوازيات متساوية الابعاد وبيان ذلك اننا اذا نزلنا اعمدة ا ١ و ب ٢ و ث ٣ و د ٤ الخ على المتوازيات المذكورة نصنع عدة مثلثات مثل ا ب ١ و ب ث ٢ و ث د ٣ وهلم جرا حيث ان زوايا المثلثات المتقابلة متساوية وان كل ضلع منها مساو لآخر اعني ان ضلع ا ب يساوي ب ث وضلع ث د = د ه الخ فاذن تكون اعمدة ا ١ و ب ٢ و ث ٣ و د ٤ التي هي الاضلاع المتقابلة من هذه المثلثات والتي تقيس المسافات الموجودة بين المتوازيات المتوالية مساوية لبعضها

ولنمد الآن خط م ن و ح خ ر في اتجاه مغاير لمستقيم ا ف فنقول حينئذ ان اجزاء م ن و ن و و و ح و ح خ و خ ر تكون مساوية لبعضها

ومن المعلوم اننا اذا نزلنا باعمدة م ١ و ن ٢ و و ٣ الخ على

الخطوط المتوازية وكانت هذه الخطوط على بعد واحد من بعضها فحصل معنا ان م ١ يساوى ١٢ ٢ يساوى و٣ الخ وزيادة على ذلك تكون اضلاع مثلثات م ١٢ و ٢٣ و ٣٤ الخ متوازية وبناء عليه تكون زواياها متساوية فاذن تكون هى متساوية وبمقتضى ذلك تكون اضلاع م١ و ١٢ و ٢٣ الخ المتقابلة متساوية

فعلى هذا اذا كان ماثل ا ف (شكل ٣) منقسما الى اجزاء متساوية بواسطة متوازيات ١١ و ب ب و ث ث و د د وهلم جرا فان هذه المتوازيات تقسم ايضا مستقيم م ر الذى يقطعهما الى اجزاء متساوية

وتستعمل هذه الخاصية لتقسيم مستقيم معلوم الى اجزاء متساوية على حسب المطلوب

مثلا اذا فرضنا انه يلزم تقسيم خط ا ف (شكل ٤) الى خمسة اجزاء متساوية فاننا نمد من نقطة ا مستقيما آخر كمستقيم ا س فى اى اتجاه كان ثم نعين بانفراج البيكار تقسيمات ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ المساوية لبعضها ونمد من نقطة ٥ ومن نقطة ف خط ف ٥ ثم نمد ايضا من نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ خطوط ب ١ و ف ٢ و د ٣ و ٤٥ موازية لخط ف ٥ فيصير خط ا ف منقسما الى خمسة اجزاء متساوية حيث ان اجزاء هذا المستقيم الخمسة منحصرة بين المتوازيات التى على بعد واحد من بعضها

وهذه الطريقة هى المستعملة عادة فى تقسيم المقاييس المستعملة لرسم مستويات المبانى الملكية والجهادية والبحرية

ولقسمة المقاييس فائدة عظيمة جدا حيث يتوقف عليها صحة الرسوم المستعملة فيها هذه المقاييس اوفسادها واختلالها فاذا كان بعض اجزاء المقاييس المضبوطة قبل العملية فاسدة كانت جميع اجزاء الرسوم التى تعتبر فيها هذه الاجزاء

كالاقيسة فاسدة ايضا وربما تكرر هذا الخطا غير مرة وتولد عنه خطأ جسيم

ولاجل الوصول الى تقسيم المقياس قسمة صحيحة ينبغي ان لا تكون تقسيمات ١ ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ الخ اصغر من ا ب و ث د و د ٥ الخ وينبغي ايضا ان نضع طرفي البيكار مع الضبط على خط ا س المرسوم في اتجاه ثابت وكذلك ينبغي ان لا تشغل علامة البيكار الامسافة صغيرة بقدر الامكان بحيث انه لا ينشأ عن امتداده الاخطأ هين وبالجملة فيلزم عند رسم المتوازيات ان يكون منتصف الخط المرسوم بقلم الرصاص او الحبر مارا مع الدقة بنقطة التقسيم الموافقة وان يكون التوازي على غاية من الصحة فاذا توفرت هذه الشروط كلها دلت بمفردها على صحة العملية

وقد تصحح بواسطة البيكار قسمة خط ا ف (شكل ٤) بحيث يعرف هل اجزآء ا ب و ب ث و ث د متساوية على وجه الدقة ام لا

(بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة)

يلزم في الغالب تقسيم وحدة مقياس ا م (شكل ٥) الى اجزآء عديدة بحيث يمكن تعيينها على مستقيم ا م الصغير بطريقة محكمة بينة وفي هذه الصورة نرسم متوازيات م م و ن ن و و و متساوية البعد ونرسم ايضا عمودي م ف و ا ف ومائل ا ف فتكون النسبة بين الطوال ب ب و ث ث و د د و ٥ ﻫ الخ كنسبة ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ وتدل هذه الاطوال على تقسيمات م ا الى اجزآء متساوية بقدر ما يوجد من المسافات المتساوية بين متوازيات م م و ن ن و و و الخ مثلا اذا كان م ا يدل على ١ متر وكان هناك عشرة خطوط موازية لخط م ا المذكور وكانت كلها متساوية البعد فان اجزاء ب ب و ث ث و د د

و ٥ هـ وهلم جرا تكون فى الحقيقة عشر المتر او عشريه او ثلاثة اعشاره
اوار بعة اعشاره وهكذا وعوضا عن كونها تنقل بواسطة المقاييس المرسومة
طرفى البيكار على خط م ا نقلا يثقب الخط بسرعة تنقلهما بحسب تنوع
الاعداد على ن ٥ و و و و ح ح الخ وبذلك تبقى المقاييس زمنا
طويلا وهذا من اعظم الفوائد فى الرسم

(بيان تصحيح رسم ارنيك آلة او محصول صناعة)

اذا كان المطلوب تصحيح رسم آلة او محصول جار على مقتضى المقياس فاول شئ
يجب عمله هو تصحيح المقياس المستعمل لتحصيل هذا المحصول فان كان هذا
المقياس فاسدا كان الرسم بحسب الظن غير مضبوط وان كان صحيحا تولد عن
الرسم عدة انواع من الخطأ ينبغى البحث عنها

ولنرجع الى تقسيم الخطوط المستقيمة بالخطوط المتوازية فنقول اذا فرضنا
ان خط ا ف (شكل ٣) مقطوع بمتوازيات ا م و ب ٥
و ف ر التى ليست على بعد واحد فان جزءى ا ب و ب ف
المحصورين بين هذه المتوازيات يكونان غير متساويين وكذلك م ٥
و ٥ ر اللذان هما جزآ مستقيم م ر المقطوع بهذه المتوازيات

لكن اذا كان ب ف اكبر من ا ب كان م ر اكبر ايضا من م ٥
وزيادة على ذلك يكون ٥ ر مشتملا على طول م ٥ بقدر اشتمال
ب ف على طول ا ب

مثلا اذا كان ب ف يشتمل على ا ب اربع مرات فانه عند قسمة
ب ف الى اربعة اجزاء متساوية مثل ب ث و ث د و د ه
و ه ف الخ ورسم متوازيات ث و و د ع و ه غ تقسم خط ٥ ر
الى عدة اجزاء مثل ٥ و و و ع و ع غ و غ ر المساوية لخط
م ٥ بقدر ما يوجد من اجزاء ب ث و ث د و د ه و ه ف
المساوية لخط ا ب فاذن يكون ب ف مشتملا على ا ب

بقدر

بقدر مايشتمل هـ ر على م هـ

وبين عـدد المرات التى يشتملها ب ف على ا ب و هـ ر على

م هـ بهاتين الطريقتين وهما ان ب ف المقسوم على ا ب

يساوى هـ ر المقسوم على م هـ اعنى ان ب ف / ا ب = هـ ر / م هـ او نسبة

ب ف الى ا ب كنسبة هـ ر الى م هـ اعنى ان ب ف

: ا ب :: هـ ر : م هـ

وهذا هو الذى يطلق عليه اسم التناسب الهندسى الذى يشتمل دائما على

نسبتين متساويتين مثل ب ف / ا ب و هـ ر / م هـ وحينئذ تكون النسبة

الهندسية الحاصلة بين كميتين هى قسمة الكمية الاولى على الثانية وعكسها

هى قسمة الكمية الثانية على الاولى

ويشتمل تناسب ب ف : ا ب :: هـ ر : م هـ على اربعة

حدود ويطلق على كل من حديها الاول والاخير اسم الطرفين وعلى الحدين

المحصورين بينهما اسم الوسطين

(بيان الخاصية الاصلية للتناسب الهندسى)

خاصية التناسب الهندسى هى ان حاصل ضرب الطرفين فى بعضهما يساوى

حاصل ضرب الوسطين فى بعضهما

ولاجل البرهنة على ذلك يلاحظ فى تناسب ب ف : ا ب ::

هـ ر : م هـ ان ب ف / ا ب و هـ ر / م هـ متساويان لاننا اذا ضربنا هاتين

النسبتين معا فى ا ب و م هـ فان حاصلى ضربهما يكونان متساويين

ولكن ب ف المقسوم على ا ب والمضروب فى ا ب ثم فى م هـ

هو بالاختصار عين $\overline{\text{ب ف}}$ المضروب فى $\overline{\text{م ﻫ}}$ اى انه حاصل ضرب الطرفين فى بعضهما وكذلك $\overline{\text{ﻫ ر}}$ المقسوم على $\overline{\text{م ﻫ}}$ والمضروب فى $\overline{\text{ا ب}}$ ثم فى $\overline{\text{م ﻫ}}$ هو بالاختصار عين $\overline{\text{ﻫ ر}}$ المضروب فى $\overline{\text{ا ب}}$ اى انه حاصل ضرب الوسطين فى بعضهما فاذن يكون حاصل ضرب الطرفين فى بعضهما مساويا لحاصل ضرب الوسطين فى بعضهما

وتستعمل التناسبات الهندسية كثيرا فى علمى الهندسة والحساب وفى تطبيقهما على علوم أخر كعلم التجارة وعمليات الصناعة وغيرهما ولنذكر لك كيفية دلالة علم الحساب بواسطة الاعداد على التناسبات الهندسية فنقول

اذا فرضنا ان (شكل ٣) مرسوم بواسطة المقياس امكننا ان نستدل على كل من حدود تناسب $\overline{\text{ب ف}}$: $\overline{\text{ا ب}}$ :: $\overline{\text{ﻫ ر}}$: $\overline{\text{م ﻫ}}$ بعدد المرات التى تشتمل عليها اجزاء الخط المستقيم بالنسبة لوحدة المقياس

مثلا اذا كان $\overline{\text{ب ف}}$ = ٣٠ و $\overline{\text{ا ب}}$ = ٥ و $\overline{\text{ﻫ ر}}$ = ٢٤ و $\overline{\text{م ﻫ}}$ = ٤ فانه يحصل معنا التناسبان المتحدان وهما

$\overline{\text{ب ف}}$: $\overline{\text{ا ب}}$ :: $\overline{\text{ﻫ ر}}$: $\overline{\text{م ﻫ}}$

٣٠ : ٥ :: ٢٤ : ٤

وبناء على ذلك يمكن ان يستدل على نسب الخطوط وتناسباتها بنسب الاعداد وتناسباتها وبالعكس فاذا قسمنا ٣٠ على ٥ تحصل معنا خارج القسمة الذى هو مقدار النسبة الاولى وهو ٦ واذا قسمنا ٢٤ على ٤ تحصل معنا ايضا خارج القسمة الثانية وهو ٦ ومتى كانت النسبتان متساويتين وجد بينهما التناسب

واذا قسمنا ٥ على ٣٠ فان خارج القسمة يكون سدسا واذا قسمنا ٤ على ٢٤ فان خارج القسمة يكون ايضا سدسا وبناء على ذلك اذا كان

نسبتان متساويتين وعكسناهما فانهما يكونان متساويتين ايضا فاذن ينتج لنا من نسبة ٣٠ : ٥ :: ٢٤ : ٤ مرة واحدة

$$\frac{٣٠}{٥} = \frac{٢٤}{٤} \text{ و } \frac{٥}{٣٠} = \frac{٤}{٢٤}$$

فاذا ضربنا احدى معادلة $\frac{٥}{٣٠} = \frac{٤}{٢٤}$ في ٢٤ ينتج معنا $\frac{٥}{٣٠}$ = ٢٤ × ٤

وحيث ان ٥ و ٢٤ هما الوسطان و ٣٠ و ٤ هما الطرفان كان احد الطرفين مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما مقسوما على الطرف الآخر

وبمثل ذلك يبرهن على ان كلا من الوسطين يساوي حاصل ضرب الطرفين في بعضهما مقسوما على الوسط الآخر

فعلى ذلك اذا عرف ثلاثة من حدود لتناسب الهندسي الاربعة فانه يمكن معرفة الحد الرابع فورا بواسطة القاعدة التي ذكرناها آنفا وهي قاعدة الثلاثة وسميت بذلك لانه يعلم منها الحد الرابع بواسطه الحدود الثلاثة

وكثيرا ما تستعمل هذه القاعدة في حسابات الخرائط والتجارة والصناعة ويشتمل علم الهندسة على قاعدة الثلاثة المذكورة مثلا اذا عرفنا ثلاثة خطوط مثل (ا) و (ب) و (ث) (شكل ٦) سهل علينا ان نعرف بواسطتها خطا رابعا كخط د بحيث يحدث (ا) : (ب) :: (ث) : (د) فنبدأ بوضع (ث) = ح ر في طرف (ا) = و ح ونرسم من نهاية و مستقيم و م في اي اتجاه كان ومن نقطة و نجعل طول و ح = (ب) ونرسم كذلك ح ح ثم ر ض موازيا ح خ فينتج حينئذ

و ح : و خ :: ح ر : ح ض

او (ا) : (ب) :: (ث) : (د)

واذا كان الوسطان متساويين فان الطول او العدد الذى يدل عليهما يسمى وسطا متناسبا بين الطرفين مثلا فى تناسب ٢ : ٤ :: ٤ : ٨ يكون ٤ هو الوسط المتناسب بين طرفى ٢ و ٨

واذا كان المعلوم فى علم الهندسة طولين فانه يسهل علينا استخراج وسطهما المتناسب وسنبين لك ذلك عاجلا

(بيان المثلثات المتشابهة)

اذا كانت اضلاع مثلثى اب ث و اـ ث (شكل ٧) المتقابلة متوازية فانها تكون متناسبة ويكون المثلثان متشابهين فاذن يحصل معنا

اب : اـ :: ب ث : ـ ث :: اث : اث ولاجل البرهنة على ذلك ننقل مثلث اب ث من غير ان يتغير اتجاه اضلاعه بحيث تقع نقطة ـ على نقطة ا ثم نمد اث و ب ث الى ان يتلاقيا فى نقطة م فيحصل معنا اث = ث م و ث م = ـ ث حيث انها متوازيات منحصرة بين متوازيات اخرى

وحيث ان اث و ث م و ث م و ـ ث متوازيات ينتج

اب : اـ :: ث م = اث : اث

و اب : اـ :: ب ث : ث م = ب ث

وبناء على ذلك اب : اـ :: اث : اث :: ب ث : ـ ث

فاذا كان مثلثا اب ث و اـ ث (شكل ٨) متحدى الوضع والصورة بحيث يكون اب عمودا على اـ و ب ث على ـ ث و اث على اث فان هذين المثلثين يكونان متشابهين

وبيان ذلك انا اذا ادرنا مثلث اَبَثَ بدون تغيير شيء منه من زاوية قائمة حول نقطة ا فان اَثَ يكون موضوعا على اَثَ في وضع موازٍ لخط اث وكذلك يفعل في اَبَ و بَثَ فاذن تكون اضلاع مثلث اَبَثَ موازية لاضلاع مثلث ا ب ث ويكون المثلثان متشابهين وبناء على ذلك يكون مثلثا ا ب ث و اَبَثَ متشابهين ايضا

ومتى كانت اضلاع مثلثين متناسبة فان زواياهما المتقابلة تكون متساوية ويكون المثلثان متشابهين وبيانه انا اذا فرضنا انه ليس لمثلثي ا ب ث و اَبَثَ (شكل ٧) نسب اخرى غير هذه وهي

اب : اَبَ :: اث : اَثَ :: بث : بَثَ

فانا نفرض مثلثا ثانيا كمثلث اَبَثَ يكون ضلعه وهو اَبَ = اَبَ وزيادة على ذلك تكون اضلاعه الثلاثة موازية لاضلاع اب و بث و اث على التناظر وبناء عليه يحصل معنا

اب : اَبَ :: اث : اَثَ :: بث : بَثَ

فاذن يكون اَثَ = (اث / اب) اَبَ و اَثَ = (اث / اب) اَبَ و بَثَ = (بث / اب) اَبَ و بَثَ = (بث / اب) اَبَ

فعلى هذا اذا كان اَبَ = اَبَ لزم ان يكون اَثَ = اَثَ وان تكون بَثَ = بَثَ

فاذن تكون اضلاع مثلثي اَبَثَ و اَبَثَ الثلاثة متساوية على التناظر وبناء على ذلك يكونان متساويين فاذن تكون زوايا اَ = ا

= أ و ـ = ـ = ب و ث = ث = ث

فحينئذ اذا كانت اضلاع المثلثين متناسبة فان زواياهما المقابلة للاضلاع المتناسبة تكون بخصوص هذا السبب متساوية ويكون المثلثان متشابهين

ومتى كان ضلعا أ ب و ب ث من مثلث أ ب ث متناسبين لضلعي أ ـ و أ ث من مثلث أ ـ ث وكانت زاوية آ = آ فان هذين المثلثين يكونان متشابهين لاننا اذا وضعنا زاوية آ على آ فان تناسب أ ب : أ ـ كتناسب أ ث : أ ث يقتضي ان أ ث و أ ث يكونان متوازيين وعلى ذلك تكون الاضلاع الثلاثة متوازية

ففي (شكل ٦) اذا رسمنا من نقطة و مستقيمات و ح ر و ح ص و و ط ع الثلاثة القاطعة لمتوازيي ح ط خ و ر ع ص تحصل معنا اولا على التوالي بسبب تشابه مثلثي و ح ط و و ر ع أن و ط : و ع :: ح ط : ر ع

وثانيا بسبب تشابه مثلثي و خ ط و و ص ع ان و ط : و ع :: خ ط : ص ع

فاذن يتحصل معنا ان ح ط : ر ع :: خ ط : ص ع

اعني ان ح ط و خ ط و ر ع و ص ع التي هي اجزاء المتوازيين المقطوعين بالمستقيمات الثلاثة المرسومة من نقطة واحدة تكون متناسبة وعكس هذه القاعدة صحيح ايضا

ويمكن ان نبرهن الآن على ان الشكلين الكثيري الاضلاع اذا كانت اضلاعهما المتقابلة متوازية ومتناسبة يكونان متشابهين

فاذا فرضنا مثلا ان شكلي ا ب ث د ه ف غ ا و ا ـ ث د ه ف غ ا

(شكل

(شكل ٩) هما اللذان اضلاعهما المتقابلة متناسبة ومتوازية نتج ان

اب : اس :: بث : سث :: م : ١ وتكون الزوايا

المتقابلة المتألفة من خطوط متوازية اثنين اثنين متساوية فاذن زاوية

س = ب واذا مددنا خطى اث و اش كان مثلثا

اب ث و اس ش متشابهين حيث ان زاوية ب من كل منهما

تساوى زاوية س المحصورة بين ضلعين متناسبين فاذن يحصل اب

: اس :: بث : سش :: اث : اش :: م : ١

واذا مددنا بعد ذلك اد و اء فان مثلثى اث د و اش ء

يكونان متشابهين ايضا حيث ان اث : اش :: ث د : ش ء

:: م : ١ وان زاويتى اث د و اش ء متساويتان لان

اضلاعهما متوازية فاذن يكون اد موازيا اء

واذا تمادينا على البرهنة المذكورة فاننا نقسم الشكلين الكثيرى الاضلاع الى مثلثات متشابهة

وبناء على ذلك اذا امكن عمل مثلثات مشابهة لمثلثات اخرى امكن بالتدريج رسم اشكال كثيرة الاضلاع مشابهة لاشكال اخرى اياما كان عدد اضلاعهما

(بيان بيكار التناسب)

بيكار التناسب (شكل ١٠) هو آلة يستعملونها لتسهيل التحويلات التناسبية والعمليات المتنوعة وهو مركب من مسطرتين متساويتين ومدرجتين على حد سوا

فاذا اردنا تحويل ابعاد شكل من الاشكال الى نسبة خط معلوم كخط ه الى خط آخر معلوم كخط ف فاننا نجعل على ضلع اب طول ام = ه ونعين عدد التدريج المقابل لنقطة م ونجعل نقطة ن التي

يوجد فيها هذا العدد على الضلع الآخر من بيكار التناسب ونجعل بواسطة بيكار عادى انفراج ضلعيه قدر طول ف وبعد ذلك نضع احد ضلعى البيكار العادى فى م ثم نفتح او نغلق بيكار التناسب حتى تكون مسافة م ن مساوية لطول ف فيتبين من ذلك ان طول آ ١ و آ ٢ و آ ٣ الخ الموجود على الضلعين يكون مقابلا لابعاد ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ كما فى هذه النسب وهى

٥ : ف :: ام : م ن :: اا : ١ و ١ :: آ ٢ : ٢ و ٢ :: آ ٣ : ٣ و ٣ الخ

فاذن يمكن بواسطة بيكار عادى ان ناخذ فورا الاطوال المحولة وهى ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ الخ الموافقة لاطوال آ ١ و آ ٢ و آ ٣

واذا لم يوجد بيكار تناسب فاننا نصنع بيكارا مشابها له بان نرسم خطى اب و اث (شكل ١١) بالطريقة الآتية وهى ان نرسم خط اب = ٥ ثم نرسم من نقطة ب المعتبرة مركزا بواسطة انفراج بيكار ب ث = ف قوس م ث د ونرسم ايضا من نقطة ا المعتبرة مركزا قوس ب ث د وكذلك نرسم من نقطة ث التى يقطع فيها هذا القوس الجديد قوس م ث د الاول خط اث فاذا لزم ان نحول طولا كطول اغ فى نسبة ٥ الى ف فاننا نرسم من نقطة آ المعتبرة مركزا قوس غ ك ش فيكون بعد نقطتى غ و ش هو الطول المحول حيث تحصل معنا

٥ : ث :: اب : ب ث :: اغ : غ ش

وهذه الطريقة صالحة بالكلية لتحويل اجزاء القوس الكبير الى الصغير

بيان

(بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة)

كل شكلين كثيرى الأضلاع منتظمين متحدين فى عدد الاضلاع يكونان متشابهين وبيان ذلك انه حيث كانت اضلاع كل واحد منهما متساوية فبالضرورة تكون متناسبة وتكون زواياهما التى لا تتعلق بالطول بل بعدد الاضلاع من جنس واحد فيهما

ونسبة محيطى كثيرى الاضلاع المتشابهين الى بعضهما كنسبة الاضلاع البسيطة الى بعضها

وبمجرد ازدياد اضلاع كثير الاضلاع يكون الشكل مغايرا قليلا للدائرة التى يكون مرسوما فيها فاذن ينبغى ان تكون الدوائر معتبرة كالاشكال المتشابهة اعنى كالاشكال التى تكون خطوطها المتشابهة الوضع متناسبة ونسبة محيطات الدوائر الى بعضها كنسبة انصاف اقطار هذه الدوائر الى بعضها

فاذا رسمنا فى دائرتين شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين ومتحدين فى عدد الاضلاع مثل ا ب ث د ه ف ا و ا ـ ث د ه ف ا (شكل ١٢) كانت نسبة الخطوط المتناسبة فيهما هى اولا نسبة انصاف اقطار الدائرتين وثانيا نسبة اضلاع كثيرى الاضلاع وثالثا نسبة محيطى كثيرى الاضلاع المذكورين ورابعا نسبة محيطى هاتين الدائرتين

واذا رسمنا فى دائرة (شكل ١٣) قطر ا و ب ثم رسمنا من نقطة ما كنقطة ث من هذا القطر خط ث ح عمودا على هذا القطر ورسمنا مستقيمى ا ح و ح ب فاننا نصنع مثلث ا ح ب القائم الزاوية وهى ح وحينئذ يكون هذا المثلث القائم الزاوية مشابها لكل من مثلثى ا ح ث و ح ب ث الجزئين اللذين تركب منهما

وبيان ذلك ان زاوية ا الحادة مشتركة بين مثلثى ا ح ب و ا ح ث القائمى الزاوية والحادة الاخرى مساوية لزاوية قائمة ناقصة زاوية ا فاذن تكون زوايا هذين المثلثين الثلاثة متساوية كل لنظيرتها ويكون هذان المثلثان متشابهين

وكذلك زاوية ب الحادة مشتركة بين مثلثى ا ب ح و ح ث ب المذكورين فاذن يكون هذان المثلثان متشابهين ويقتضى ذلك يحصل معنا التناسبات الآتية وهى

ا ب : ا ح :: ا ح : ا ث

ا ب : ب ح :: ب ح : ب ث

ا ث : ث ح :: ث ح : ث ب

فاذن يكون اولا الضلع الصغير الشمالى الذى هو ا ح من مثلث ا ب ح القائم الزاوية وسطا متناسبا بين وتر الزاوية القائمة الذى هو ا ب وجزءه الذى هو ا ث وهو الجزء الموجود على يسار عمود ح ث

ثانيا يكون الضلع الصغير الايمن الذى هو ح ب وسطا متناسبا بين وتر الزاوية الذى هو ا ب وجزءه الذى هو جزء ب ث وهو الجزء الموجود على يمين العمود المذكور

ثالثا يكون عمود ث ح وسطا متناسبا بين جزءى وتر الزاوية القائمة اللذين هما ث ا و ث ب

فعلى هذا اذا كان وتر الزاوية القائمة قطر الدائرة وكان ث ح نصف

وتر عمودي على هذا القطر فان آح وح ب يكونان وترين آخرين ممتدين من نهاية القطر

وينتج من ذلك ثلاث خواص اولا يكون وتر آح الموضوع على الشمال وسطا متناسبا بين قطر اب وجزءه الذي هو اث الموضوع على شمال نصف الوتر العمودي على هذا القطر

ثانيا يكون وتر ث ح الموضوع على اليمين وسطا متناسبا بين قطر اب وجزءه الذي هو ب ث الموضوع على يمين نصف الوتر العمودي على هذا القطر ايضا

ثالثا يكون نصف وتر ث ح وسطا متناسبا بين جزءي القطر الموضوعين على شماله ويمينه

وكثيرا ما تستعمل هذه الخواص في تقويم نتائج الآلات وحركتها

(الدرس السادس)

(في بيان اخذ مسطح الاشكال المستوية المنتهية)

(بخطوط مستقيمة او مستديرة)

اذا اردنا قياس المسطحات المنتهية بخطوط مستقيمة او بخطوط منحنية فاننا نجعل وحدة المقياس الشكل البسيط الهين الرسم والقسمة وهو المربع الذي يكون احد اضلاعه مساويا لوحدة الطول

وينبغي ان نبين اولا كيف يمكن بواسطة هذا المربع قياس مربع اكبر منه اعني كيف يمكن معرفة عدد مرات احتواء المربع الاكبر على الاصغر فنقول

انه بقدر مرات احتوا ضلع المربع الاكبر على ضلع المربع الاصغر يمكن ان تحدث في المربع الاكبر طبقات متوازية يكون عرضها الضلع الاصغر وطولها الضلع الاكبر لكن تكون كل طبقة مشتملة على المربع الاصغر بقدر مرات احتوا الضلع الاكبر على الاصغر * مثلا اذا كان الضلع الاكبر محتويا على الضلع الاصغر عشر مرات فاننا نقسم المربع الاكبر الى عشر طبقات عرضها الضلع الاصغر وطولها هذا الضلع مكررا عشر مرات فاذن تكون كل طبقة مساوية لسطح المربع الاصغر مكررا عشر مرات * وعشر مرات مضروبة في مثلها هي عدد المربعات الصغيرة المطروقة في المربع الاكبر

ويستدل بتلك البرهنة على انه اذا جعل ضلع اى مربع وحدة الطول كان هذا المربع مطروقا في مربع آخر يكون مقدار ضلعه

١ = ١ × ١	٣٦ = ٦ × ٦
٤ = ٢ × ٢	٤٩ = ٧ × ٧
٩ = ٣ × ٣	٦٤ = ٨ × ٨
١٦ = ٤ × ٤	٨١ = ٩ × ٩
٢٥ = ٥ × ٥	١٠٠ = ١٠ × ١٠

فالاعداد التي هي ١ و ٤ و ٩ و ١٦ و ٢٥ و ٣٦ وهلم جرا تسمى تربيعات اعداد ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ الخ لانها تدل على عدد المربعات التي يكون ضلعها وحدة الطول المطروقة في مسطح المربعات التي اضلاعها ١ او ٢ او ٣ او ٤ اوغير ذلك والاعداد التي هي ١ و ٢ و ٣ و ٤ الدالة على كمية آحاد الطول المطروقة في كل ضلع من المربعات تسمى جزر هذه المربعات

واذا كان المربع الذي يراد قياسه اصغر من الذي جعل وحدة القياس فانه ينبغي تقسيم هذا المربع الاخير الى تقسيمات ثانوية يعني ان اضلاعه تقسم الى عشرة اجزاء متساوية ويصنع مائة مربع صغيرة متساوية كل واحد منها

يمكن جعله وحدة القياس فاذا كانت هذه الوحدة كبيرة فانها تقسم ايضا الى اجزاء من مائة مضروبة فى مثلها اى عشرة آلاف جزء من الوحدة الاصلية وهلم جرا (راجع فى المجلد الثانى الدرس الذى يذكر فيه الاقيسة)

وبعد تحديد مسطح المربع المأخوذ منفردا ينبغى لنا ان نركب المربعات اثنين اثنين ونقول كيف يؤخذ من علم الهندسة بيان مجموعهما او تفاضلهما اعنى كيف يمكن عمل مربع يكون سطحه مساويا لمجموع مربعين معلومين او تفاضلهما

مثلا اذا فرضنا ان اب ث د (شكل ١) و م ة ح غ (شكل ٢) هما المربعان المعلومان فاننا نرسم مثلثا قائم الزاوية بحيث تكون زاويته القائمة التى هى ص (شكل ٣) محصورة بين ضلعى س ص = م ة و ص ز = اب واذا رسمنا مربعين آخرين بواسطة ضلعى س ص و ص ز تحصل معنا س ص اـ = م ة ح غ و ص ز ث د = اب ث د فنقول حينئذ ان مربع س ز هـ ف الاكبر المرسوم على ضلع س ز يساوى مجموع المربعين المعلومين

وقد بينا فى الدرس الثانى اننا اذا انزلنا فى مثلث قائم الزاوية كمثلث س ص ز (شكل ٣) من الزاوية القائمة بعمود ص ع على الضلع الاكبر فانه يحصل معنا س ع : س ص :: س ص : س ز وينتج من ذلك ان س ص مضروبة فى س ص = س ص² = س ع × س ز و ز ع : ز ص :: ز ص : س ز وينتج منه ايضا ان ز ص × ز ص = ز ص² = ز ع × س ز

فاذن يكون $\overline{\text{س ص}}^2 + \overline{\text{ز ص}}^2$ اى مجموع مربعى $\overline{\text{س ص}}$ ا
و $\overline{\text{ز ص}}$ ثد مساويا $\overline{\text{س ع}} + \overline{\text{ز ع}}$ اعنى $\overline{\text{س ز}}$
× $\overline{\text{س ز}}$ الذى هو قياس مربع $\overline{\text{س ز}}$ هدف وحينئذ يكون المربع
الاكبر مساويا لمجموع المربعين الآخرين

وبناء على ذلك يكون المربع المرسوم على الضلع الاكبر فى مثلث قائم الزاوية
مساويا لمجموع المربعين المرسومين على الضلعين الآخرين

فاذا اردنا عمل مربع مساو لتفاضل مربعين آخرين فاننا نصنع مثلثا قائم
الزاوية يكون ضلعه الاكبر $\overline{\text{س ز}}$ (شكل ٣) وهو ضلع المربع الاكبر
ويكون احد ضلعيه الآخرين $\overline{\text{س ص}}$ وهو ضلع المربع الاخير المعلوم
فيكون ضلع $\overline{\text{ص ز}}$ الثالث من المثلث القائم الزاوية هو ضلع المربع
المطلوب المساوى لتفاضل المربعين الآخرين حيث انه باضافته الى المربع
الاصغر يكون مساويا للمربع الاكبر

مثلا اذا لاحظنا ان ٣ × ٣ = ٩ وان ٤ × ٤ = ١٦ وان
٥ × ٥ = ٢٥ وان ٩ + ١٦ = ٢٥ رأينا ان ٣
و ٤ و ٥ هى اضلاع المثلث القائم الزاوية ويستعمل ارباب الصناعة
فى الغالب هذه الخاصية لتنزيل مستقيم $\overline{\text{س ص}}$ (شكل ٣) عمودا
على مستقيم آخر مثل $\overline{\text{س ص}}$ فيقسمون $\overline{\text{س ص}}$ الى ثلاثة اجزاء
ثم يأخذون من هذه الاجزاء $\overline{\text{ص ر}}$ = ٤ و $\overline{\text{س ز}}$ = ٥ ويتممون
مثلث $\overline{\text{س ص ز}}$ الذى يكون فيه $\overline{\text{ص ز}}$ هو العمود المطلوب

ولنقس الآن سطح الاشكال التى تختلف كثيرا عن شكل المربع
فنقول

ان سطح المستطيل يساوى حاصل ضرب القاعدة فى الارتفاع
ولاثبات ذلك نقسم $\overline{\text{م خ}}$ (شكل ٤) الى اجزاء مساوية لضلع

أ ب الذي هو من مربع أ ب د ث المجعول وحدة القياس فاذا مددنا من نقط التقسيم خطوطا مستقيمة موازية لخط م ن فانها تقسم المستطيل الى طبقات طولها م ن وعرضها كعرض المربع وكل طبقة منها تحتوي على مسطح مربعات أ ب د ث بقدر احتواء م ن على أ ب وبناء على ذلك اذا عبر عن خط م ن بالاعداد وكان أ ب هو وحدة القياس فانه يستدل على عدد مربعات أ ب د ث الذي يحتوي عليه مستطيل م ن ح خ بقاعدة م ن مضروبة في ارتفاع م خ

وقد يلزم في الفنون غالبا عمل مربع يكون سطحه مساويا لسطح مستطيل م ن ح خ وكذلك نصل اطراف ضلعي م خ و م ن (شكل ٥) ببعضها ونرسم على مجموعها المعتبر كالقطر نصف دائرة ونقيم من نقطة م عمود م ر على قطر خ ن ونمد هذا العمود الى محيط نصف الدائرة فيتحصل معنا (بموجب الدرس الخامس)

خ م : م ر :: م ر : م ن وينتج من ذلك ان خ م

× م ن = م ر^٢

وحينئذ يكون المربع المرسوم على م ر مساويا المستطيل م ن ح خ حيث ان قياس سطحهما واحد

وسطح متوازي الاضلاع ل م ن ف (شكل ٦) يساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

ولاثبات ذلك نمد من نقطتي م و ن عمودي م خ و ن ح على م ن الى و ل ح فيكون مثلثا م خ ل و ن ح و متساويين لان م خ = ن ح (كمتوازيين محصورين بين

متوازيين آخرين) ولان الزوايا المتقابلة متساوية ايضا وحينئذ اذا قابلنا
مستطيل م ن ح خ بمتوازى اضلاع م ن و ل رأينا ان هذا
المستطيل يساوى متوازى الاضلاع بزيادة مثلث ل م خ ونقص
مثلث ن و ح وبناء على ذلك يكون سطح متوازى الاضلاع كسطح
المستطيل مقيسا بحاصل ضرب قاعدته وهى م ن فى ارتفاعه وهو
ح ن
وقد يبين لنا تربيع ضرب الارقام الآتية سطح المستطيل اومتوازى
الاضلاع الذى يعبر عن ضلعيه بالاعداد التى لاتتجاوز عشرة وهاك الارقام
المذكورة

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
٢	٤	٦	٨	١٠	١٢	١٤	١٦	١٨	٢٠
٣	٦	٩	١٢	١٥	١٨	٢١	٢٤	٢٧	٣٠
٤	٨	١٢	١٦	٢٠	٢٤	٢٨	٣٢	٣٦	٤٠
٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠	٤٥	٥٠
٦	١٢	١٨	٢٤	٣٠	٣٦	٤٢	٤٨	٥٤	٦٠
٧	١٤	٢١	٢٨	٣٥	٤٢	٤٩	٥٦	٦٣	٧٠
٨	١٦	٢٤	٣٢	٤٠	٤٨	٥٦	٦٤	٧٢	٨٠
٩	١٨	٢٧	٣٦	٤٥	٥٤	٦٣	٧٢	٨١	٩٠
١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠	١٠٠

فالسطر الثانى دال على سطح المستطيلات اوعلى متوازيات الاضلاع
التى تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٢ وقواعدها مساوية لعدد
١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ والسطر الثالث دال على سطح المستطيلات
اوعلى متوازيات الاضلاع التى تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٣
وقواعدها مساوية لعدد ١ و ٢ و ٣ و ٤ وهلم جرا وينبغى ان

يكون عند ارباب الصناعة جدول كهذا الجدول معلق فى ورشهم ومصانعهم ويجب عليهم حفظه فى اذهانهم حيث ان هذه المعرفة لازمة لعمل ادنى ضرب

ومسطح كل مثلث مثل ا ب ث (شكل ٧) يساوى نصف حاصل ضرب قاعدته فى ارتفاعه

وبيان ذلك اننا اذا رسمنا خط ث د موازيا لخط ا ب وخط ا د موازيا لخط ب ث فان المثلث الجديد الذى هو ا ث د يكون مساويا للمثلث الاول الذى هو ا ب ث الا انه يتألف من ا ب ث د متوازى الاضلاع الذى يكون سطحه مساويا لخط ا ب الذى هو قاعدة مثلث ا ب ث مضروبة فى ارتفاعه وهو ث ه فاذن يكون نصف هذا الحاصل مساويا لمسطح المثلث

وحيث انه يمكن دائما تقسيم اى شكل منته بخطوط مستقيمة الى مثلثات فانه يحصل معنا فورا مساحة مسطح كل شكل كثير الاضلاع منتظما كان اوغير منتظم وحيث كانت مساحة كل مثلث مساوية لنصف حاصل ضرب قاعدته فى ارتفاعه نشأ عن مجموع حواصل الضرب مساحة السطح المطلوب وهذه العملية هى احدى العمليات التى تجعل معرفة المثلثات مهمة جدا فى علم الهندسة خصوصا فى اخذ مساحة الاراضى ولنبتدء الآن هذه العملية فى مساحة شبيه المنحرف فنقول

سطح شبيه المنحرف يساوى نصف مجموع قاعدتيه مضروبا فى ارتفاعه

وذلك ان شبيه منحرف ا ب ث د (شكل ٨) الذى ارتفاعه م ن ينقسم بخط ا ث الذى هو قطر الشكل الى مثلثى ا ب ث و ا ث د اللذين مساحة احدهما $\frac{1}{2}$ ا ب × م ن والثانى

١/٢ دث × م ق فيكون مجموع هذين الحاصلين نصف اب
+ ثد مضروبا فى م ق وهاك كيفية وضعها ١/٢
(اب + ثد) م ق
فاذا تحصل معنا هذا الحاصل وجدنا على الفور مربعا مكافئا الشبيه
المنحرف بان نقيس اب + ثد (شكل ٢٨) الذى يستدل
عليه بخط م ن المنفرد (شكل ٥) ونجعل م ح = ١/٢
م ق ونرسم نصف دائرة ح ر ن فيصير عمود م ر هو ضلع
المربع المطلوب

وسطح كثير الاضلاع المنتظم يساوى نصف محيطه مضروبا فى بعد مركزه
عن احد اضلاعه

وبيانه اننا اذا امددنا من نقطة و التى هى مركز كثير اضلاع ابثد
الخ الى الروس الاخر (شكل ٩) خطوطا مستقيمة فاننا نقسم هذا
الشكل الى مثلثات متساوية مثل اوب و بوث و ثود
وهلم جرا فاذا كان وم .هو بعد المركز عن كل ضلع وكان عين ارتفاع هذه
المثلثات كان قياس كل مثلث منها ١/٢ اب × وم وقياس المسطح
الكلى ١/٢ (اب + بث + ثد وهلم جرا) وم او
١/٢ (ابثد الخ) وم

وكثير الاضلاع المنتظم يغاير الدائرة التى يكون مرسوما فى داخلها تغايرا
اقل من ازدياد عدد اضلاعه فاذا اضاعفنا عدد الاضلاع على قدر الكفاية كان
الفرق اقل من كل كمية مفروضة فاذن يمكن اعتبار الدائرة كشكل كثير
الاضلاع له من الاضلاع الصغيرة عدد جسيم بحيث لا يكون عمود وم

مغايرا بكمية معلومة لنصف قطر و ا واذن يثبت المطلوب

وبناء عليه يكون سطح الدائرة مساويا لمحيطها مضروبا فى ربع قطرها او نصف محيطها مضروبا فى نصف قطرها

(بيان استحالة تربيع الدائرة)

يسهل علينا بواسطة الحل المبين فى (شكل ٥) احداث مربع يكون سطحه مساويا للسطح دائرة معلومة اذا امكن احداث خط مستقيم طوله مساو مع الضبط لمحيط الدائرة التى يكون نصف قطرها معلوما الا انه يمكن تحصيل قياس اى خط مستقيم مع الضبط فكذلك احداث مربع مكافىء للدائرة (وهذا هو المسمى بتربيع الدائرة) وهذه المسئلة من جملة المسائل التى يستحيل حلها مع الضبط وينبغى ان لا يصرف التلامذة زمانهم واذهانهم فى الامور التى لا ينجعون فيها

ويمكن ان نبين بالاعداد المقدار المقارب لمحيط الدائرة وسطحها بان نشير الى القطر بعدد

١٠٠ و ١٠٠٠ و ١٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠ وهلم جرا والى المحيط بعدد

٦٢٨ و ٦٫٢٨٣ و ٦٢٫٨٣١ و ٦٢٨٫٣١٣ والى السطح بعدد ٣١٤ و ٣٫١٤١ و ٣١٫٤١٥ و ٣١٤٫١٥٦ الخ

واذا اكتفينا عن سطح الدائرة الكلى بسطح قطاع الدائرة وهو ا و ب (شكل ٩) الذى يكون قوسه نصف المحيط او ثلثه او ربعه الخ رأينا ان هذا القطاع يكون ايضا نصف سطح الدائرة او ثلثه او ربعه وهلم جرا ويكفى لتحصيل قياسه ضرب ربع القطر فى طول قوس ا ى ب المحصور بين ضلعى و ا و و ب فاذا طرحنا من هذا الحاصل حاصل ضرب $\frac{1}{2}$ ا ب × و م = لسطح مثلث و ا ب فانه يتحصل معنا سطح قطعة الدائرة وهى ا ى ب

(بيان مماثلة سطح الاشكال المتشابهة لبعضها)

اولا نذكر مماثلة المثلثات لبعضها فنقول

نسبة سطح كل مثلثين متشابهين تساوى نسبة تربيع خطين من الخطوط المتقابلة او المتناظرة مثلا اذا فرضنا ان مثلثى او ب و او ت (شكل ١١) اللذين قاعدتاهما تساوى نصف ارتفاعهما فان احد مربعى اب ث د و اب ث ى المرسوم على قاعدتهما المعتبرة ضلعا يكون مساويا لهما فى السطح فاذا نقصت الارتفاعات اوزادت بالتناسب وكانت القاعدة باقية على حالها حدث مثلثات متشابهة كمثلثى س ا ب و س ا ب اللذين ينقص سطحهما او يزيد فى نسبة واحدة عند ما تكون قاعدتهما واحدة وبناء على ذلك اذا كانت نسبة السطوح مدلولا عليها من مبدء الامر بمربعى القواعد اللذين هما اب ث د و اب ث ى فان هذه النسب تكون على حالة واحدة فى جميع الاحوال

ويمكن تقسيم سائر الاشكال المتشابهة الى عدد واحد من المثلثات المتشابهة التى تكون نسبتها لبعضها كنسبة مربعى خطين متقابلين فاذن يثبت المطلوب

ونسبة سطوح الاشكال المتشابهة (المنتهية بخطوط مستقيمة) الى بعضها كنسبة المربعات المرسومة على خطين متقابلين متناظرين الى بعضها

فلذا اذا كان كثيرا الاضلاع اللذان هما اب ث د ه ف ا و اب ث ى ه ف ا (شكل ١٢) متشابهين فان نسبة سطوحهما تكون كنسبة مربعى اب م ن و اب م ه المرسومين على ضلعى اب و اب المتقابلين

وكذلك يبرهن على ان سطوح الدوائر التى هى اشكال متشابهة تكون مناسبة للمربعات المرسومة على انصاف اقطارها وعلى اقطارها المعتبرة كالاضلاع

واستعمال هذه التناسبات سهل فى الغالب وذلك لان سطح الدائرة التى نصف

قطرها

قطرها يساوى الوحدة لا يمكن التعبير عنه ولو على وجه التقريب اذا اردنا ضبطه ضبطا واهيا الا باعداد مبهمة غير انه يمكن معرفة نسب السطوح فى العادة مع السهولة التامة

ولنذكر هنا خاصيتين عظيمتين فى شأن سطح الاشكال كثيرة لاضلاع المنتظمة والدوآئر بدون ذكر برهنتهما لان هذه البرهنة مبنية على قواعد علمية متينة جدا فنقول

احداهما ان جميع الاشكال الكثيرة الاضلاع المتساوية فى المحيط وعدد الاضلاع اكبرها مسطحا هو كثير الاضلاع المنتظم

الثانية انه عند تساوى محيطات الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة يكون اكبرها مسطحا هو الذى يكون عدد اضلاعه اكثر

فحينئذ يكون لجميع الاشكال المركبة من الاضلاع المستقيمة او المنحنية مسطح اقل من مسطح الدآئرة

(بيان اجراء العملية)

لابد من معرفة الخاصتين المذكورتين فى تنظيم عدة من الفنون

فكمية الرصاص التى ينبغى استعمالها فى تركيب الزجاج القديم ذى المسافة المحدودة تكون قليلة جدا فاذا كان عدد اضلاع الزجاج معلوما كانت اشكالها منتظمة

وكذلك اذا اقتضى الحال عمل مجار للمياه او للغاز او غيرهما ولزم لهذه المجارى ان تفتح طريقا لمقدار معلوم من السائل فان كمية الخشب او المعدن المستعملة لهذه المجارى تكون قليلة جدا اذا كانت تلك المجارى مستديرة

واذا كان المطلوب فى فن المبانى ارتفاع العمارة ومحيطها وكذلك امتداد اسوارها الخارجية فان المسافة التى يمكن احاطتها بكمية واحدة من البناء تكون كبيرة جدا كلما قرب شكل العمارة من شكل كثير الاضلاع المنتظم او من كثير الاضلاع الذى يكون عدد اضلاعه كثيرا

ولنتكلم الآن على السطح غير المنتهي من المستوى الذي رسمنا فيه الاشكال المتنوعة التي ذكرناها قياسها آنفا فنقول متى كانت نقطتان من المستقيم على المستوى فانه يكون موجودا بتمامه على هذا المستوى وتستعمل هذه الخاصية في الفنون لرسم سطوح مستوية وقطع مسافات مستوية ايضا

(بيان اجراء العملية في صناعة الصيني)

اذا اردنا كما في فن صناعة الصيني ان نحدد قطعة من الارض ونجعلها على صورة سطح مستو فاننا نضع شاخصين متوازيين اوبروازا مستويا مثل م ن ح ح (شكل ١٣) ثم نتقدم مع التوازي بواسطة مسطرة ض ط القائمة المستندة على شاخصي م ن و ح ح ونفصل اونحصر جميع الارض البارزة فوق المستوى المار بشاخصي م ن و ح ح ولا يلزم ان يكون برواز م ن ح ح مركبا من مستقيمات متوازية مثل م ن و ح ح و م ح و ن ح وانما يكفي تلاقي هذه المستقيمات اثنين اثنين اذا اريد امتدادها

(بيان اجراء العملية في قطع الاوتاد)

للمناشير المعدة لقطع الاوتاد على موجب مستو افقي معلوم الانخفاض تحت الماء حركة منتظمة بشاخصي م ن و ح ح (شكل ١٣) اللذين هما على بعد واحد من المستوى الافقي الذي تقطع عليه رؤس الاوتاد ويكون منشار ضه ط خطا مستقيما معترضا مدلولا عليه بخط ض ط الموازي له وحيث كان هذا الخط الموازي على بعد واحد من المنشار وكان مشدودا ببرواز ض ط ضه ط القائم ومستندا على شاخصي م ن و ح ح فان المنشار يرسم مستويا مثل م ن ح غ موازيا لبرواز م ن ح ح

ولاجل ان يمهد النجار لوحا من الخشب ويصلحه ويساويه يستعمل آلة تسمى الفارة ويبدأ بنصب اطراف هذا اللوح اعني انه يصيرها مستقيمة بواسطة

الفارة

الفارة التي خشبها مستقيم وحديدها يزيل جميع ما هو بارز على هذا اللوح ليحصل الاتحاد بين اللوح المذكور وخشب الفارة ثم يمسح بهذه الآلة مع المرور من الجهة المنتصبة الى الاخرى ليرسم جملة من الخطوط المستقيمة المتوسطة المارة بخطوط الاطراف

ثم ان نشار الطول والنجار يعينان فوق الخشبة التي يريد اصلاح جهة منها وكذلك تحتها رسم المستوى المراد عمله ثم يوجه النشار منشاره والنجار قادومه على هذين الرسمين

والى الآن لم نعتبر الا مستويا واحدا وخطوطا مرسومة عليه فلنقابل بالتوالى المستوى مع الخطوط التي لا تكون كلها مظروفة فيه ونقابل ايضا عدة مستويات ببعضها فنقول انه يمكن ان يكون الخط المستقيم عمودا او مائلا على مستو معلوم او موازيا له

فاذا فرضنا ان اب (شكل ١٤) هو الخط القصير الذي يمكن مده من نقطة ا على مستوى م ن ح ح فبناء على ذلك يكون ذلك الخط اقصر خط يمكن مده من نقطة ا المذكورة على اى خط مستقيم مرسوم في المستوى فاذن يكون هذا الخط عمودا على مستقيمى ب ه و ب ف المرسومين على المستوى من موقع ب من هذا العمود فيقال حينئذ ان مستقيم اب هو العمود على مستوى م ن ح ح

وبناء على ذلك يكون اولا العمود الممتد من اى نقطة على اى مستو كان هو اقصر بعد بين النقطة والمستوى وثانيا يكون عمودا على سائر الخطوط المرسومة من موقعه في المستوى المذكور

وبالجملة اذا اخذنا مسطرة مثلثية لنديرها على احد ضلعى زاويتها القائمة فان الضلع الاخير يرسم بالضرورة مستويا

ويستعملون هذه الخاصية الهندسية الاخيرة في تركيب الآلات المأخوذة من علم النظر لعلمى الهيئة والملاحة وغيرهما

وحيث كان ا ب (شكل ١٤) عمودا على مستوى م ن ح ح
فان كل خط مثل ا د او ا ه ممتد من نقطة ا على احد خطوط
د ب ف المرسوم على المستوى يكون مائلا بالنظر للخط والمستوى
وعلى ذلك يكون كل مائل من مائلي ا د و ا ه بالنظر للسطح والخط
المستقيم اطول من عمود ا ب وكلما تباعدا عنه كبر طولهما
واذا فرضنا اننا مددنا من نقطة ا سائر الخطوط المائلة التي يمكن مدها
على مستقيم د ب ف المرسوم على المستوى والمار بموقع ب من
العمود فان كل نقطة مثل د و ف وغيرهما من مستقيم
د ب ف ترسم دائرة في مستوى م ن ح ح وتصير نقط
كل دائرة على بعد واحد من نقطة ا التي هي من العمود المذكور
ويطلق اسم محور الدائرة على العمود النازل على مستوى هذه الدائرة الممتد
من المركز فاذن يكون هذا المحور عمودا على سائر انصاف اقطار تلك
الدائرة
وقد يكون محور العجلة عمودا على مستويها وبناء على ذلك اذا دارت هذه
العجلة على محورها فان كلا من نقطها يتحرك بدون ان يترك هذا المستوى
وعلى هذا لا يتغير موضع العجلة بالنسبة للاشياء المكتنفة بها وانما تأخذ نقطها
المتنوعة مواضع بعضها
وقد بنوا على هذه القاعدة الهندسية حركة احجار الطاحون فجعلوا حجرين على
محور واحد فصارت اوجههما المستوية عمودية على هذا المحور فكانت بذلك
موازية لبعضها وكان احد هذين الحجرين يمكث ثابتا بخلاف الآخر فانه يكون
متحركا على هذا المحور لان العجلة المتحركة حين تدور بحيث يكون وجهها
المستوى الاسفل يدور معها وتكون حركته على نفسه تمكث دائما على بعد
واحد من الوجه المستوى الاعلى للعجلة الثابتة فعلى ذلك اذا كان بعد هذه
العجلات منتظما بحيث لا يمكن لحبوب البر المرور بين الحجرين من غير ان تطحن

فان الطحن حينئذ يعم سائر النقط الموجودة بين الحجرين

وفي ذلك فائدة عظيمة ويلزم مزيد الضبط في اجراء عملية الآلات فاذا كان توازي العجلات غير تام وكان عمود الحجر المتحرك غير عمودي على مستوى هذه العجلات بل كان له ميل قليل عند تحركه ذات اليمين وذات الشمال فان مستويي الحجرين لا يمكثان دائما على بعد واحد في جميع هذه الصور واذا تقاربت الاجزاء تقاربا كليا من بعضها وبلغ الطحن الغاية في الشدة ترتب على ذلك سخونة الحبوب وتلفها بخلاف ما اذا لم تتقارب الاجزاء قربا مناسبا فانه يتعذر طحن الحب ويكون دوران العجلات خاليا عن الفائدة فمراعاة الضبط في هذا الشأن اولى من مراعاة الزينة والزخرفة واتباع ما تسوله النفس في ذلك من الامور فهذا الشرط لابد منه في نجاح العملية

(بيان عملية خرط الاجسام)

قد تكون الخواص التي ذكرناها آنفا مستعملة في الفنون لرسم الدوائر بواسطة المخرطة وهي آلة ذات نقطتين ثابتتين يعلق فيهما الجسم الذي يراد خرطه فاذا وضعنا هذه الآلة الحادة وضعا ثابتا وادرنا الجسم فانها تزيل اجزاء الجسم البارزة وترسم فيه دائرة يكون محورها الخط المستقيم المار بنقطتيها الثابتتين ويكون مركزها ايضا على هذا الخط المستقيم

فاذا فرضنا ان حد الآلة يتقدم في الرسم بالتدريج على صورة خط عمودي على هذا الخط المستقيم فان جميع الدوائر التي ترسم بالتوالي بواسطة الحد المذكور تكون موضوعة على مستو عمودي على المستقيم المذكور المار بطرفي المخرطة ولذا يمكن استعمال هذه المخرطة في رسم اي مستو كان وهذه هي الطريقة المستعملة في معامل الآلات التي يحتاج فيها لقطع السطوح المعدنية او اطراف الاسطوانات التي ينبغي تحرير اطرافها على بعضها مع غاية الضبط على ما تقتضيه صورة المستوى

(بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برامة في شأن)

(قطع السطوح المستوية)

كان برامة المذكور يدبر حول محور منتصب ثابت عجلة افقية محتوية على عدة آلات حادة وجميع هذه الآلات لاتبرز مع التساوى تحت مستوى الدائرة وانما تجتمع خمسة اوستة وتبرز بالتدريج وقد تكون قطعة الخشب المراد اصلاحها موضوعة على عجلة افقية تتقدم وتمر تحت العجلة ذات الآلات الحادة فحدود كل جملة من الآلات المذكورة تخرط قطعة الخشب بحيث يكون اقل ثلث الآلات بروزا يخرط الخرطة الاولى المقورة بالتدريج بواسطة الحدود الاربعة او الخمسة من كل جملة وبعد ذلك تكون القطعة المستمرة فى التقدم مصلحة الجزء التالى بواسطة جملة اخرى ذات خمسة حدود اوستة فاذا احدثت الآلات الحادة المنتشرة على محيط العجلة فى قطعة خشب الحزوز الضيقة جدا فان المقارة الثابتة على العجلة والمساوية فى الارتفاع للآلات الحادة البارزة اكثر منها تمر على قطعة الخشب التى ترسمها الآلات المذكورة وتزيل تعريجات هذه الخطوط وبذلك يتم تمهيد قطعة الخشب واصلاحها

وكل خطين عمودين مثل اب و ث د (شكل ١٥) على مستو واحد مثل م ن ح خ يكونان متوازيين

ولاجل البرهنة على ذلك نمد من ب و د اللذين هما موقعا هذين العمودين مستقيم ب د على المستوى ثم نقيم على هذا المستوى من منتصف ب د وهو و عمود ه و ف

فاذا جعلنا و ه = و ف كانت نقطتا ب و د على بعد واحد من ه و ف وزيادة على ذلك يكون كل من نقطتى ا و ث من خطى اب و ث د العمودين على مستوى م ن ح خ على بعد واحد ايضا من نقطتى ه و ف وبيان ذلك اننا اذا مددنا مائلى ف د و ه د وكان هذان المائلان على بعد

واحد

واحد من عمود و د على ه و ف فانهما يكونان متساويين
وكذلك اذا كان ماثلا ثه و ثف على بعد واحد من عمود ن د
من المستوى فانهما يكونان متساويين ايضا وبالجملة فعلى ماذكر يكون خطا
اه و اف متساويين فلذلك ينتسب كل من عمودى اب
و ثد الى المستوى المنفرد المحتوى على سائر النقط التى على بعد واحد
من نقطتى ه و ف الثابتتين وبناء على ذلك يكون كل من خطى
اب و ثد العمودين على مستقيم واحد مثل ب د موجودا
على مستو واحد ويكونان ايضا متوازيين
ثم ان السطح الافقى هو الذى يستدل عليه بالمياه الراكدة بالابتداء من اى
نقطة من هذا السطح ويطلق على العمود النازل على هذا المستوى اسم
المنتصب فبناء على ذلك تكون سائر الخطوط المنتصبة متوازية بالنظر لمستو
افقى معلوم
والشاقول هو خيط مقبوض على احد طرفيه باليد او مربوط فى نقطة ثابتة
وبطرفه الآخر قطعة رصاص فاذا استقر هذا الخيط استقرارا تاما كان له
اتجاه منتصب المكان الذى يكون فيه الانسان وعلى ذلك فيمكن استعماله
ليعرف هل الخط او المستوى الذى هو س ص (شكل ٦ مكرر)
افقى ام لا واذا يستعمل البناؤن مثلثا مثل اه ث ويطلقون عليه اسم آلة
التسوية وهى مركبة من ضلعى ه ا و ه ث المتساويين ومن عارضة
ع ش التى يكون منتصفها و هو و موجودا على مستقيم
ه و ب العمودى على ا ب ث فاذن اذا كان ا ب ث افقيا
فانه ينبغى حين وضعه فوق آلة التسوية وتعيين الشاقول فى نقطة ه
ان يمس هذا الخيط ع و ش فى نقطة و المبينة بالعلامة
وتسمى المستويات المنتصبة باسم المستويات المحتوى سطحها على المنتصب

بتمامه فاذا مددنا خطا منتصبا من نقطة اى مستوكان فانه ينبغى ان يكون موضوعا بتمامه فى ذلك المستوى حيث انه موازٍ للمنتصب الأول الموضوع على المستوى المذكور

والمستويان المنتصبان يتقاطعان بالضرورة بواسطة مستقيم منتصب حيث انه يلزم ان يكون المنتصب المتقدم من النقطة المشتركة بينهما موجودا بتمامه على كل من المستويين ويكثر استعمال المستويات الافقية والمنتصبة والخطوط المنتصبة فى عدة من الفنون لاسيما ما يتعلق منها بالعمارات

وكذلك تكون فى مساكن الفريج الارضيات والسقوف والتحامات احجار النحت والطوب الاحمر من اسفلها واعلاها فى الجدران العادية على اشكال مستوية افقية

واما مستويات الجدران الخارجية والداخلية والحواجز فهى مستويات منتصبة وكذلك الاضلاع التى تتكون من الجدران وجهات الابواب والشبابيك وغيرها فهى منتصبة الشكل لانها توجد كلها على مستويين منتصبين

ونفرض فى رسم الهندسة الوصفية وقطع الاحجار والاخشاب والمبانى من حيث هى ان الرسم الاول يعمل على مستو افقى والثانى على مستو منتصب واذا كان المستوى المذكور خارج العمارة يطلق عليه اسم الارتفاع واذا كان مارا بها يسمى بالقطع

واذا مر خط مستقيم بنقطتى ا و ث (شكل ١٦) اللتين على بعد واحد من مستوى م ن ح ح فان جميع النقط الاخرى من هذا المستقيم وهو اث تكون ايضا على بعد واحد من هذا المستوى

وبيان ذلك انا اذا مددنا من اث متوازيات اب و ث د و ه ف عمودية على مستوى م ن ح ح فانه ينتج معنا عند رسم مستقيم ب ف د فى هذا المستوى ان اب = ه ف

= ث د مهما كان وضع نقطة ه

ويتألف من مجموع هذه المستقيمات النازلة من نقطة ا (شكل ١٦) العمودية على اب مستو فاذن يكون اب مقياس ابعاد سائر نقط هذا المستوى من مستوى م ن ح خ وحينئذ يكون المستويان العمودان على مستقيم اب المذكور على بعد واحد من بعضهما وكذلك اذا كان خطا اب و ث د عمودين على احد المستويين فانهما يكونان عمودين على المستوى الآخر ويقيسان اقصر بعد بين هذين المستويين

واذا تلاقى مستويان مثل ن ح خ و ن ح د ص فانهما يتقاطعان فى مستقيم ن ح

وبيان ذلك اننا اذا مددنا من نقطتين من نقط التلاقى كنقطتى ن و ح مستقيما فانه ينبغى ان يكون هذا المستقيم بتمامه على المستويين المحتويين على هاتين النقطتين وبناء على ذلك يكون هذا الخط مشتركا بين هذين المستويين

واذا فرضنا ان مستوى ن ح خ م يكون مائلا قليلا او كثيرا على ن ح د ص فانه يتحصل معنا زاوية صغيرة او كبيرة محصورة بين مستويى ن ح خ م و ن ح د ص وهاك كيفية قياس هذه الزاوية

وهى ان نمد (شكل ١٧) فى المستوى الاول خط ث ا وفى الثانى ث ب عمودين على مستقيم ن ح المشترك بين المستويين ويستدل على الزاوية المتكونة من هذين المستويين بالزاوية المتكونة من المستقيمين المذكورين

واذا فرضنا ان مستوى ن ح خ م يدور حول ن ح كما يدور حول اى محور كان فان كلا من نقط هذا المستوى يرسم دائرة ويجوب

المستوى نفسه سائر المسافة الموجودة حول المحور واذا قطع كل من نقط محيط الدائرة بتمامه واذا قسمنا هذه المسافة المقطوعة الى اجزاء متساوية فان كل نقطة نرسم فى كل جزء عددا واحدا من الدرجات وحينئذ يكون هذا العدد معدا لقياس زاوية المستويين الدائرين حول ن ح

• وقد يعمل صناع آلات العلوم الرياضية للمنجمين والملاحين ومهندسى الجغرافيا آلات تقاس بها الزاوية الحادثة من مستو مع آخر وتكون هذه الآلات مصنوعة غالبا على حسب القاعدة التى ذكرناها آنفا ويكون ا ب الذى هو قوس الدائرة المدرجة (شكل ١٧) فى مستو محدد بخيوط عضادتى ث ا و ث ب العموديتين على المستويين اللذين ينبغى قياس ميلهما وتكون نهاية ب ثابتة على احد هذين المستويين ونقطة ا التى يقطع القوس فيها المستوى الآخر دالة على عدد درجات ميل هذين المستويين

ولاجل تحديد اتجاه مستو مائل نضعه عادة على مستو افقى لخط تقاطع المستوى المائل على المستوى الافقى هو المسمى باثر المستوى المائل وبناء على ذلك اذا رسمنا بوجه عمودى على هذا الاثر اولا خطا افقيا وثانيا خطا مستقيما موضوعا على المستوى المائل فان الزاوية الواقعة المتكونة منهما تكون دالة على زاوية المستويين

ويكون خط ث ا المائل (شكل ١٧) الذى بيناه آنفا مائلا اكثر من كل خط مرسوم على المستوى المائل وهو ن ح م

ولاجل البرهنة على ذلك نرسم افقى س و ص موازيا لاثر ن ح من المستوى المائل و ث و ا عمودا على المتوازيين فيكون ن و قياس بعد هذين المستويين فاذن اذا نزلنا بنقط س و ص من المستوى المائل الموضوعة على ارتفاع واحد على نقط ح و ث و ن الخ

المتساوية

المتساويةايضا كان اقصر بعد اعنى خط الانحدار الاكبر هو خط و ا العمودى على متوازيى س و ص و ح ش ن

واذا تكلمنا على السطوح المنحنية رأينا ان فى استعمال الخطوط الافقية والخطوط ذات الانحدار الاكبر فائدة عظيمة فى رسم صورة هذه السطوح على المستويات

وقد يكون كل من المستويين عمودا على الآخر اذا تألف منهما من جهتى اليمين والشمال زوايا متساوية وتكون هذه الزوايا المسوحة بخطوط مستقيمة عمودية قائمة

واذا كان مستقيم عمودا على مستو كانت جميع المستويات الجديدة الممتدة من هذا المستقيم عمودية على ذلك المستوى

وليكن ا ب (شكل ١٨) عمودا على مستوى م ن ح ح′ و ف ع′ د ه هو المستوى الممتد من ا ب فاذا رسمنا على م ن ح ح′ ا ث عمودا على ع′ د فان زاوية ب ا ث التى يقاس بها ميل هذين المستويين تكون قائمة وبناء على ذلك يكون كل من المستويين عمودا على الآخر

واذا كان المستويان المتوازيان مقطوعين بثالث فان مستقيمى التقاطع يكونان متوازيين والا فهما متلاقيان فى بعض الجهات فاذن يتلاقى كل من المستويين الاول والثانى اللذين هما جزء من هذين المستقيمين وبناء على ذلك يكونان غير متوازيين

وكل مستقيمين متوازيين منحصرين بين مستويين متوازيين يكونان متساويين وبيان ذلك انا اذا مددنا من هذين المستقيمين مستويا ثالثا فانه يقطع المستويين الاولين بحسب المتوازيين الجديدين المشتملين على المتوازيين الاولين فاذن يكون المتوازيان المنحصران بين المتوازيين متساويين

وكل مستقيمين مثل اب ث و ده ف (شكل ١٩) مقطوعين بثلاثة مستويات متوازية مثل ن ح و ج ر و ض ط يكونان مقطوعين الى اجزاء متناسبة

ولاجل البرهنة على ذلك نمد اهـ ف موازيا ده ف وحيث ان ث ف و هـ و ف هي نقط تلاقي هذين المستقيمين مع مستوى ح ر و ض ط ينتج معنا اهـ = ده و هـ ف = ه ف غير ان مستقيمي اب ث و اهـ ف موضوعان على مستو واحد قاطع لمستوي ح ر و ض ط بحسب مستقيمي ب هـ و ث ف المتوازيين فاذن يتحصل معنا هذه النسبة

اب : ب ث :: اهـ : هـ ف :: ده : ه ف

وقد بقي علينا ان نتكلم الآن على الزوايا المجسمة مثل و ا ب ث المتألفة من مستقيمات وا و وب و وث الثلاثة المتلاقية في نقطة و الدالة على ثلاثة اجزاء من مستويات اوب و بوث و ثوا وقد تدل هذه الزاوية كما يترآى لنا على ثلاث زوايا عادية مثل اوب و بوث و ثوا وعلى الزوايا الثلاثة الحادثة من المستويات المأخوذة اثنين اثنين ويؤخذ من الهندسة الوصفية الطرق التي يعرف بها الزوايا المتألفة مع المستويات من المتوازيات ومن الزوايا الحادثة من الخطوط وبالعكس

(الدرس السابع)

(في بيان المجسمات المنتهية بالمستويات)

فقد ذكرنا

قد ذكرنا لك خواص الخط المستقيم والدائرة وبحثنا بالتوالى عن الاشكال التى تحدثها الصناعة اما بالخطوط المستقيمة او بالدوائر ولنتكلم الآن بهذه الطريقة على المجسمات التى يمكن تحديدها اولا بواسطة المستويات وثانيا بواسطة السطوح المنحنية المأخوذة من الدوائر فنقول

كل مجسمين صلبين يكونان متساويين اذا فرض انهما خارجان من قالب واحد كصورة نصف شخص وصورة صغيرة صانعهما جباس واحد

وكل مجسمين صلبين مثل م ن و د ه ف و م ه و د ه ف (شكل ٢٣) يكونان متماثلى الصورة والوضع اذا امكن اتصال نقطهما المتقابلة بخطوط مستقيمة متوازية يكون منتصفهما على مستوى ا ب ث العمودى عليها وهذا المستوى هو مماثل مجموعهما

(بيان اجراء العملية)

قد يحتاج فى الصناعة لان يحدث فى كل وقت اجسام متماثلة بالنسبة لاجسام اخر واجسام مركبة من جزئين متماثلين كالعمارات المنتظمة والهياكل والقصور المبنية على حسب مستو واحد

وليس الغرض من الانتظام فى الغالب الا الزينة واللطافة بالنظر لمحصولات الصناعة المقصود منها الثبات والدوام كالبيوت والكنائس وغير ذلك وقد يكون الانتظام المذكور لازما لعدة عظيمة من الاجسام التى تحدث عدة حركات متساوية مع السهولة جهتى اليمين والشمال وهذا هو الحكمة فى كون القدرة الالهية جعلت لاغلب الحيوانات ضلعين متماثلين متصلين بمستو واحد ممتد فى حركتها المتتابعة الاعتيادية وعلى مقتضى هذا الاصل قد جعل المهندس البحرى جهتى اليمين والشمال من سفنه متماثلتين بالنسبة للمستوى الذى بين اتجاه السير المتوالى وقد تكون العربات ايضا متماثلة بالنسبة لهذا

المستوى على حسب قاعدة تضاهى هذا الاصل وهلم جرا (راجع المجلد الثانى من الكتاب عند ذكر الالات)

والقضيب هو احد الاجسام الصلبة غير المتناهية التى اوجهها المستوية منتهية بخطوط مستقيمة متوازية وتسمى اضلاعا ويتألف المنشور من قطع القضيب بواسطة مستويين متوازيين ومن ذلك يتحصل معنا القطعتان المسميان بالقاعدتين وهما شكلان كثيرا الاضلاع عدد اضلاعهما مساو لعدد اوجه المنشور وقد يكون هذا المنشور قائما اومائلا على حسب كون القاعدتين عموديتين اومائلتين بالنسبة لاضلاع المنشور وقد يكون مخروطا ناقصا اذا لم تكن القاعدتان متوازيتين

ويكون المنشور القائم منتظما بالنسبة للمستوى الذى يقطع فى زاوية قائمة من المنتصف اضلاعه التى تكون حينئذ اعمدة متممة لشروط الانتظام

وهناك ايضا مناشير ناقصة منتظمة بالنسبة للمستوى الذى يقطع كذلك فى زاوية قائمة من المنتصف جميع اضلاعها

(شكل ١) ويكون للمنشور المثلثى ثلاثة اوجه وزيادة على ذلك يكون له قاعدتان مثلثتان وجميع التغيرات التى تحصل فى شكل المثلث تحصل ايضا فى شكل المنشور المثلثى

(بيان الاجرآء العملية فى علم النظر)

يستعمل الطبيعيون منشورا من زجاج اوبلور لتحليل الضوء الذى تفصل اشعته المختلفة فى حال مرورها وجها من المنشور لتدخل فيه ووجها آخر لتخرج منه وحينئذ يرى بالترتيب الآتى الالوان السبعة الاصلية وهى الاحمر والبرتقانى والاصفر والاخضر والازرق والنيلى والبنفسجى وهذا هو الذى يطلق عليه اسم شعاع الشمس

(بيان الاجرآء العملية فى علم المبانى)

يستعمل البناء منشور ا ب ث د ه ف القائم المثلثى ذا القواعد

المنتظمة (شكل ٧) ليصنع سطح العمارات المنتظمة الذى له وجهان وقوصرات او حائط بجلون ويستعمل المنشور الناقص المنتظم (شكل ٨) فى السطوح ذات الجوانب الاربع وهذا الشكل هو شكل تلال الاحجار المصطفة على جوانب الطرق التى ينبغى اصلاحها وحيث كان هذا الشكل منتظما وسهل القياس امكن فى اسرع وقت تحقيق كمية الاحجار التى يحتوى عليها كل تل وبهذا الداعى يكون ذلك الشكل كثير الاستعمال فى تلال الرصاص والكلل المصنوعة التى فى حواصل الطوبجية

(بيان اجزاء العملية فى الميكانيكة)

يستعملون فى صناعة الآلات منشورا مثلثيا ذا قواعد منتظمة وشاخصا ثابتا تجوز به البراويز والعربات التى يراد أن يكون سيرها كامل الاستقامة

والمنشور المربعى (شكل ٢) هو الذى يحتوى على اربعة اوجه ويكون كل من قاعدتيه شكلا مربعا كما يدل على ذلك اسمه فاذا كان المربع متوازى الاضلاع فان المنشور يسمى متوازى السطوح ويسمى ايضا متوازى المستطيلات اذا كانت جميع اوجهه زوايا قائمة وزيادة على ذلك اذا كانت القاعدة مربعا فانه يسمى متوازى السطوح المربعى وهو شبيه بالمساطر التى تستعمل لتسطير الورق وبالجملة فاذا كانت جميع اوجه متوازى السطوح مربعات فانه يسمى قدما مكعبا وهو ما يستعمل فى لعب النرد

وللمناشير القائمة المربعية ذات القواعد المنتظمة مستويات منتظمة موازية لاضلاعها ومارة بمحور تماثل كل قاعدة

فاذا كانت القاعدة مستطيلة كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة موازية للاوجه الستة المأخوذة مثنى مثنى واذا كانت القاعدة شكلا معينا كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة احدها المستوى الذى يكون على بعد واحد من القاعدتين ثانيها وثالثها المستوى المار باقطار الشكل المتوازية من قواعد المعينات

وفى المكعب تسعة مستويات متماثلة منها ثلاثة موازية للاوجه وثلاثة مارة

باقطار شكل هذه الاوجه

وفى كل من هذه المناشير تمر مستويات التماثل بالنقطة المعلومة التى هى مركز المنشور وتتقاطع مثنى مثنى على الخطوط المجعولة اقطارا ومحاور المنشور المذكور * ولهذه النقطة وتلك الخطوط خواص نافعة فى علم الميكانيكة سنذكرها فى المجلد الثانى من هذا الكتاب (عند ذكر الآلات)

(بيان اجراء عدة عمليات مختلفة)

يستعمل النجار وقطاع الخشب والحداد وجم غفير من ارباب الصنائع المناشير المنتظمة ذات الاوجه الاربعة وقد تكون شواحى البيوت الافرنجية وعوارضها وسائر اخشاب السقوف مناشير من هذا الجنس وكانت فى قديم الزمان مناشير مربعة القاعدة لكنهم منذ عرفوا تقويم قوة الاخشاب حق المعرفة عرفوا فائدة استعمال المناشير الدقيقة الرفيعة فى صورة ما اذا كانت هذه المناشير ثقيلة قليلا واستعمال المناشير العريضة فى صورة ما اذا كانت ثقيلة كثيرا

وقد تكون الاعمدة المربعة والجمالات المربعة اشكالا متوازية المستطيلات

(بيان المناشير البلورية)

يشاهد غالبا فيما اوجده الله تعالى فى التبلرات الطبيعية من الاشكال الهندسية المتنوعة المضبوطة مناشير مثلثية ومربعية ومسدسية ومثمنية وغير ذلك واعلم ان معرفة هذه الاشكال البلورية من اعظم العمليات الهندسية حيث نشأ عنها معارف نفيسة تتعلق بالجواهر التى يتركب منها هذا البلور وبالجملة فاذا قسمنا هذه التبلورات قسمة مضبوطة على حسب اوجه التحام اشكالها الاصلية فاننا نعرف بواسطة الهندسة جميع تنوعاتها ونبين متانة الاشكال الطبيعية حتى الاختلافات العظيمة فى الظاهر

ولنبين الان الطرق المستعملة فى قطع المنشور القائم فى جسم اى شكل كان فنقول

ادا امددنا بقرب الجسم الذى يراد قطعه الى منشور وترا موازيا للاتجاه الذى ينبغى جعله للاضلاع مع فرض ان ذلك الاتجاه افقى لاجل السهولة فاننا نضع على هذا الوتر احد ضلعى المسطرة المثلثية الموضوعة وضعا افقيا ثم نعين على هذا الجسم بواسطة الشاقول الذى نوجهه على امتداد الضلع الاخر من المسطرة المذكورة عدة نقط تكون فيما بعد لقاعدة المنشور المراد رسمه وبعد تمام ذلك نقطع بالقاص او بالمنشار او باى آلة كانت الجسم على حسب المستوى المنتصب الذى يمر بالنقط المعينة ثم نرسم على هذا المستوى كثير الاضلاع المتألف من القاعدة ونثقب من مبدء كل رأس من رؤس كثير الاضلاع المذكور ثقوبا فى الجسم يكون عمقها من جميع جهاته عموديا على هذه القاعدة وتكون هذه الثقوب احرفا للمنشور ثم نصلح من كل ضلع الى آخر الجسم على حسب القواعد المذكورة فى الدرس السادس ولاجل صحة العملية يلزم ان تثبت من مبدء الامر ان الاضلاع تكون عمودية مع الاحكام والاتقان على مستوى القاعدة وعلى اضلاع هذه القاعدة التى تتلاقى مع كل ضلع ولاجل مزيد التحقيق ننظر هل جميع الاضلاع تبقى على بعد واحد فى سائر الجهات ام لا وهذا امر ضرورى لابد منه او انها تكون موجودة مثنى مثنى فى مستو واحد وهذا يدرك بمجرد النظر متى لوحظ ان اى ضلع من الاضلاع يمكن ان يخفى عن الناظر جميع نقط الضلع التالى او المتقدم عليه مباشرة فاذن لا يبقى علينا الا عمل القاعدة الثانية فلنرسمها بواسطة مسطرة مثلثية بان نمد على اوجه المنشور عدة اعمدة على الاضلاع بشرط ان يكون الاخير من هذه الاعمدة يعود مع غاية الدقة والضبط الى النقطة التى ابتدى منها برسم العمود الاول وهذه هى القاعدة المستعملة عند نجارى البيوت ومهندسى السفن

واذا قطعنا الوجه الاول من المنشور واردنا عمل الاوجه المتلاصقة فاننا نستعمل المسطرة المثلثية الصحيحة او الفاسدة فى مسح الزوايا المتألفة من هذه الاوجه وحدها او مع القواعد ونثقب من مسافة الى اخرى على الوجه الذى

يراد عمل ثقوب اعميقة بحيث يكون احد ضلعى المسطرة المثلثية داخلا فيها مع الضبط والضلع الاخر واقعا على الوجه المصنوع قبل ذلك فاذا كان كل من ضلعى المسطرة المثلثية متجها اتجاها عموديا على الضلع الذى يفصل الوجه المصنوع من الوجه الذى يراد عمله فان عمق الثقب يكون واقعا مع الاتقان على هذا الوجه الاخير

وبعد ان تجهز من مسافة الى اخرى الخطوط المؤشرة لا يبقى علينا الا رفع المادة واصلاحها بين هذه الخطوط لاجل عمل الوجه الجديد

وقد يرسم بالنظر لعلم الهندسة بواسطة الخطوط التى لا تدل على اختلاف ما بامتدادها ووضعها الاشكال المحدبة والجوفة القابلة للتعشق فى بعضها مع الدقة والضبط الا انه عند العملية يكون الاختلاف بين نوعى الاشكال المحدبة والجوفة عظيما جدا

وقد يظهر لنا من صناعة المناشير شاهد على ذلك وقد بينا آنفا الطرق التى بها يمكن عمل المنشور الجوف بواسطة البيكار والمسطرة العادية والمسطرة المثلثية وسائر الآلات الحادة فاذا كان المراد عمل منشور مقعر وكان ذلك المنشور متوازى المستطيلات مثلا كاغلب العلب المستعملة فى المعامل الصغيرة والمعدة لنقل الاشياء بدأنا بجعل سمك الالواح مستحسنا وبعد ان تفصل هذه الالواح بالمسطرة المثلثية فى العرض والطول المطلوبين تكون مناشير محدبة وتكون بمنزلة الاوجه للمنشور الجوف المراد عمله ويكون اثنان منها متقابلين على حسب طول العلبة وعرضها واثنان على حسب طولها وارتفاعها واثنان آخران على حسب ارتفاعها وعرضها ثم نضعها بجوار بعضها بان نضمها اما بواسطة المسامير او بالغراء واما الجهة التى يراد قفلها بكيلون او قفل فانها توصل بواسطة مشبك كالرزة مثلا فاذا كانت الالواح مفصلة مع الضبط حدث بالضرورة عن اتصالها ببعضها شكل متوازى السطوح وانما ينبغى التنبيه على ان الواح الاوجه تكون بالنظر لسمكها منضمة فى زاوية مقدارها ٤٥° منحرفة فى خطى آآ و ب ب وهلم جرا انظر

(شكل

(شكل ٣) اومستوية كما فى شكل ٤

واذا كانت العلبة متسعة جدا بحيث لا يكفى ان يكون عرض اللوح وجها من اوجهها فانا نضم اليه عدة الواح متلاصقة واذا لم يكن المطلوب شغلا محتاجا للاتقان فاننا نضع عوارض حيث ما اتفق ونضمها بواسطة المسامير التى تكون فى العلبة من جهة واحدة كالصناديق العادية المعدة لحفظ المهمات والبضائع التى تنقل بواسطة العربات المعدة للنقل

فاذا كان المطلوب اجرا شغل مهم فاننا نضم الالواح الى بعضها بان نقطع اولا على ساحة احدها الذى هو ب د ح ح (شكل ٥) اسانا مجوفا ونقطع ثانيا على ساحة اللوح المتصل الذى هو ب د ن م حزا متحد الصورة لكى يدخل فيه اللسان مع غاية الضبط والاحكام وليس اللسان فى الحقيقة (شكل ٥) الا منشورا محدبا قائم الزوايا وليس الحز ايضا الا منشورا مجوفا قائم الزوايا وبناء على ذلك يمكن عمل كل منهما بواسطة الفارة كما سنبين لك ذلك

وكذلك العاشق والمعشوق (شكل ٦) فانهما منشوران قائما الزوايا احدهما محدب والثانى مجوف وحيث كانا مضاهيين فى ذلك للحزوز والالسنة كانا مفصلين على وجه ينضمان به الى بعضهما مع غاية الدقة والضبط فاذا اقتضى الحال ضم منشورين الى بعضهما بواسطة المسطرة المثلثية فاننا نستعمل كلا منهما اى العاشق والمعشوق ويمكن تفصيل العاشق بواسطة المنشار بخلاف المعشوق فلا يمكن تفصيله الا بالمقراض وزيادة على ذلك يلزم لهذا الاخير مدة طويلة من الزمن وهذا مثال يدل على الصعوبة التى يكابدها الشغال فى عمل المنشور المحدب والمجوف

وقد يظهر لنا من فن التجارة وفن قطع الاخشاب زيادة على ما ذكرناه ايضا من الاشكال الاخر عمليات بديعة موجزة تتعلق بالاشكال المنتهية بالمستويات ومنها ما هو مجوف ومنها ما هو محدب وهى متعشقة ببعضها تعشقا جيدا

ويحتاج قطاعو الاخشاب فى الغالب الى عمل المناشير او رسمها بواسطة قطع خشب تتركب منها اضلاع المناشير كما فى تركيب السقوف مثلا يظهر لنا من شكل ٧ تخشيبة السقف الذى يكون على صورة منشور مثلثى يزيد فى الارتفاع على منشور مربعى اى بيت قائم الزوايا متخذ من الخشب ولاجل عمل هذا البيت ينبغى لقطاع الخشب ان يحل كثيرا من المسائل الهندسية السهلة بموجب القواعد المقررة فى هذه الدروس وينبغى له ايضا معرفة مساحة كل قطعة من التخشيبة وتحصيل طولها وشكلها الحقيق مع زواياها المرتفعة المنقولة على قطع الخشب التى يفصلها على حسب الصورة المستحسنة وغير ذلك

وبناء على ذلك ينبغى لقطاع اخشاب البيوت معرفة سائر اصول الهندسة التى ذكرناها آنفا ليتيسر له العمل عليها مع الضبط بدون توقف فى الاحوال العارضة التى يكون عمل الجاهل فيها بالصدفة والاتفاق فيكون فاسدا فى الغالب

وقد ينفع علم الهندسة ايضا مهندس السفن حيث يلزمه احداث اشكال تحتاج الى الغزارة فى العلم ويكون حسنها منوطا بصحة العملية بواسطة العلوم الهندسية

وهناك شكل اسهل من المنشور فى الظاهر لان اوجهه اقل من اوجه المنشور المذكور الا انه اصعب منه فى الحقيقة حيث ان اوجهه غير متوازية وهذا الشكل هو الشكل الهرمى

ويتركب الهرم كما فى شكل ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ٢٠ من اوجه مستوية مثلثية تكون رأسها فى نقطة واحدة ويتألف منها مع قاعدتها شكل كثير الاضلاع المستوى وهذا الشكل هو قاعدة الهرم وكذلك الرأس المشتركة بين تلك الاوجه المثلثية تكون رأس الهرم

وتكون قاعدة الهرم المتماثل شكل كثير الاضلاع المتماثل وتكون رأسه موضوعة فى مستوى التماثل

وقاعدة الهرم المنتظم هي كثير الاضلاع المنتظم وزيادة على ذلك يلزم ان تكون رأس الهرم ومركز القاعدة على مستقيم عمودي على مستوى هذه القاعدة فاذا فرض ان القاعدة افقية لزم ان تكون رأس الهرم المنتظم على مركز القاعدة ويكون الشاقول الموضوع بهذا الوجه دالا على محور الهرم المنتظم

وقاعدة الهرم المثلثي الذي هو و ا ب ث (شكل ١٢) هي مثلث ا ب ث وقاعدة هرم ا ب ث د ه المربعي (شكل ١١) هي مربع ب ث د ه وهلم جرا

ويوجد كثير من هذه في سقوف القلاع والابراج سواء كانت مثلثية او مربعية لهرم لما قاعدته المثلث او المربع المتألف منه سقف البرج او الدور (شكل ٩ و ١٠) وكذلك تكون البرابي او المسلات اهراما منتظمة كالاثار العمومية وهي في العادة اهرام مربعية ولنشرع الآن في كيفية عمل مسلة من حجر تكون افقية اعني ملقاة على الارض ويكون محورها افقيا ايضا وقاعدتها منتصبة قائمة فنقول

نقطع في الصخر او في حجر الصوان مستويا منتصبا ونرسم عليه مربع ب ث د ه (شكل ١١) المستعمل قاعدة للمسلة ثم نبدء بقطع الوجه الاعلا وهو ا ث د ووجهي ا ث ب و ا د ه المتصلين ببعضهما ونلاحظ اولا مع غاية الضبط ان الزوايا المتألفة من اوجه ا ث د و ا ث ب و ا د ه ومن مستوى القاعدة تكون مساوية بالكلية لزوايا المسلة المرسومة وتكون هذه العملية مضبوطة اذا ثبت ان رأس ا تكون على مستقيم ا و العمودي على مستوى القاعدة المار بمركزها وهو و واذا جعلنا و م على مستوى القاعدة ثم جعلنا ا ن موازيا ومساويا لخط و م المذكور فانه بواسطة تلك الكيفية يرى في اتجاهين مختلفين ان مستقيم ن م الذي يلزم موازاته لخط ا و يكون

عموديا على آن و وم فعلى ذلك يكون محور و ا عموديا على المستقيمين المرسومين من نقطة و على مستوى القاعدة ويكون هذا المحور عموديا ايضا على ذلك المستوى فاذا كانت سائر الشروط متوفرة وكان الخطا الناشئ عنها بينا فلا يبقى علينا الا عمل وجه ابده الاسفل الذى يكون مستويه محدودا بضلعي اب و اه

فاذا اريد عمل هرم مثلثي على اى صورة كانت فى كتلة من الحجر او الخشب مع فرض معرفة صورة القاعدة والزوايا المتألفة من مستوى هذه القاعدة ومن الاوجه الثلاثة الاخر فاننا نرسم ونقطع الوجه المستوى على حسب القواعد المقررة فى الدرس السادس ثم نرسم بواسطة المسطرة المثلثية التى يكون ضلعاها متجهين اتجاها عموديا على ضلعي القاعدة الاوجه الثلاثة المستوية وهى اب و و بث و و اث و (شكل ١٢) التى يتكون منها مع القاعدة الزوايا المفروضة وهذه الاوجه الثلاثة هى اوجه شكل الهرم

وفى الغالب يكون وضع الرأس معينا (شكل ١٢) بنقطة م التى يقع فيها عمود وم على القاعدة وعلى ارتفاع وم وفى هذه الصورة نرسم القاعدة ونجعلها مستوية ثم نقيس بالشاقول ارتفاعي ثح و حز المساويين لخط وم فاذا كانت نقطتا ح و ن مساويتين لمستوى القاعدة فاننا نرسم ور = مح و وح = من فتكون نقطة و التى يتلاقى فيها خطا ور و وح الافقيان رأس الهرم ومتى كانت الرأس معلومة فاننا نصغر اولا حجم كتلة الخشب او الحجر بان نحدث فيها حزوزا على هيئة خط مستقيم بموجب خطوط وا و وب و وث ثم نسطح تلك الكتلة بين هذه الخطوط المستقيمة

ويسهل علينا فى بعض الصور بواسطة الرسم الهندسى ان نبدأ باخذ مساحة زوايا الاوجه الثلاثة التى على القاعدة ثم نرسم هذه الاوجه من غير ان يحصل

مشقة

مشقة فى وضع الرأس

ولذا يكفى ان نمد (شكل ١٣) من نقطة م التى هى موقع عمود و م النازل من الرأس على القاعدة م ه و م ع و م غ العمودية على خطوط أ ب و ب ث و ث أ على وجه التناظر ثم نرسم فى جهة اخرى مثلثات و م ه و و م ع و و م غ القائمة الزوايا فتكون زوايا و ه م و و ع م و و غ م زوايا الاوجه الثلاثة من الهرم والقاعدة

ويظهر لنا من القواعد التى لابد منها فى رسم المثلث الشروط الضرورية فى تساوى المثلثين وكذلك تساوى الهرمين فيكون كل هرمين مثلثين متساويين بقيود اربعة الاول ان تكون الاوجه الثلاثة من احدهما مساوية للاوجه الثلاثة من الآخر الثانى ان يكون الوجهان والزاوية المستوية المحصورة بينهما من كل من الهرمين المذكورين متساوية الثالث ان يكون الوجه والزوايا الثلاثة المستوية التى ينسب اليها هذا الوجه متساوية فى كل منهما ايضا الرابع ان تكون الاضلاع الستة متساوية فى كل منهما ايضا وهلم جرا

وللتدريب على عمل الاهرام ورسمها وحسابها فائدة عظيمة فى العمليات التخطيطية التى لا تكون فيها النقط المراد تحديد وضعها فى مستو واحد فعلى ذلك ننقل وضع كل نقطة رصدناها الى وضع النقط الثلاثة الاخر التى يتكون منها المثلث المجعول قاعدة ونقيس بواسطة الآلات التى هى الغرافومتر ودائرة التكرار والتيودليت الزاوية التى يصنعها الشعاع النظرى الممتد من رأس كل مثلث مجعول قاعدة الى الشئ المرصود امابواسطة ضلع القاعدة او بواسطة مستويها فاذا انضمت الاشعة الثلاثة النظرية الى ثلاثة اضلاع القاعدة فانه يتألف منها الهرم الذى تكون رأسه النقطة المرصودة وهذه العمليات الصعبة مقصورة على الصنائع العلمية كصناعة مهندسى

الادروغرافيا اوالجغرافيا وصنائع المساحين المتوطنين بالعمليات الجسمية كالعمليات التى تتعلق بحساب البلاد وجميع مايخصها

واذا كان اى جسم منتهيا من جميع جهاته باوجه مستوية فان هذه الاوجه تكون منتهية ايضا بخطوط مستقيمة يتكون منها مضلعات مستوية ومن المعلوم انه يمكن تحليل هذه الاشكال كثيرة الاضلاع الى مثلثات فعلى هذا اذا جعلنا النقطة و فى داخل جسم ا ب ث الخ (شكل ٢١) كانت على حسب مارسمه فيمكن ان نعتبرها اولا كراس عدة اهرام مضلعة بقدر ما يوجد من الاشكال كثيرة الاضلاع المعتبرة اوجها لهذا الجسم وثانيا نعتبرها كرأس عدة اهرام مثلثية بقدر ما يمكن رسمه من المثلثات على هذه الاوجه وفى هاتين الصورتين يحدث عن مجموع هذه الاهرام الجسم بتمامه

(بيان مساحة الاجسام المنتهية باوجه مستوية)

حيث ان المربع قد جعل قياسا للسطوح لزم جعل المكعب الذى هو جسم منته من جميع جهاته بالمربعات قياسا للحجوم

وتكعيب الجسم هو معرفة عدة مرات احتواء ذلك الجسم على المكعب المأخوذ وحدة ولنبدأ ببيان الكيفية التى يقاس بها حجم المكعب الاكبر بواسطة المكعب الاصغر فنقول

لنفرض مثلا ان ضلع المكعب الاكبر وهو ث (شكل ١٤) يكون محتويا عشر مرات على ضلع المكعب الاصغر وهو ث فنقسم المكعب الاكبر الى عشر قطوع موازية لاحد اوجهه ومتحدة فى السمك ويكون هذا السمك سمكا للمكعب الاصغر وتكون قواعد هذه القطوع محتوية عشر مرات مضروبة فى مثلها على احد اوجه المكعب الاصغر وكل قطع منها يحتوى على المكعبات الصغيرة عشر مرات مضروبة فى مثلها فاذن يكون مجموع القطوع العشرة محتويا على المكعبات الصغيرة عشر مرات مضروبة فى ضعفها ويشار الى هذا الضرب بهذا الرقم ١٠^٣

واذا نسجنا على هذا المنوال وعرفنا ان ٢ × ٢ × ٢ = ٨ و ٣ ×

٣ × ٣ × ٣ = ٢٧ وهلم جرا علمنا ان اضلاع المكعب الاكبر اذا كانت تحتوى على ضلع المكعب الاصغر بقدر عدد من هذه الارقام وهى ١ و ٢ و٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ فانه يوجد فى المكعب الاكبر من المكعبات الصغيرة ١ و ٨ و ٢٧ و ٦٤ و ١٢٥ و ٢١٦ و ٣٤٣ و ٥١٢ و ٧٢٩ و ١٠٠٠ ولاجل الاختصار فى ذلك نقول ان ٨ هى مكعب ٢ و ٢٧ مكعب ٣ و ٦٤ مكعب ٤ وهلم جرا ومعناه عدد المكعبات الصغيرة المحتوى عليها المكعب الاكبر الذى يكون ضلعه مساويا لضلع المكعب الاصغر ٢ و ٣ و ٤ من المرات

وحجم المنشور المربعى يساوى حاصل ضرب قاعدته فى ارتفاعه .

فلنفرض اولا المنشور المستطيل كما فى (شكل ١٥) فنقسمه بالنظر لقاعدته الى عدة قطوع بقدر ما يحتوى ارتفاعه من المرات على وحدة القياس اى ضلع المكعب الاصغر المأخوذ وحدة لذلك ويوجد مكعبات صغيرة فى القطع بقدر مرات احتواء قاعدة ذلك القطع على قاعدة المكعب الاصغر فعلى ذلك يكون عدد المكعبات الصغيرة الكلى مساويا للعدد الدال على سطح القاعدة المضروب فى العدد الدال على الارتفاع وهذا هو المسمى بحاصل ضرب القاعدة فى الارتفاع

وكل منشورين قاعدتهما المستطيلة واحدة وارتفاعهما واحد وكان احدهما وهو آ غ قائما (شكل ١٦) والاخر وهو آ غ مائلا فان حجمهما يكون واحدا

ولاجل البرهنة على ذلك نلاحظ ان منشورى آ ب ه ف ه ف و د ث س ع شه غ المثلثين متساويان لان ارتفاعهما وهو آ ب واحد وقاعدتيهما وهما آ ه ه و د ش شه مثلثان متساويان لان آ ه = د ش ولان الضلعين الاخرين متوازيان على التناظر فاذا اضفنا الى متوازى السطوح وهو آ ب ث د ه ف ع س منشور د ث ع ش شه غ المثلثى وطرحنا مساويه وهو

ا ب ه ف ف هـ تحصل معنا منشور ا ب ث د هـ ف غ ش المربعي المائل فاذن يكون هذا الاخير متحد الجسم مع المنشور المستطيل الذى تكون قاعدته واحدة وارتفاعه واحدا

ولنبين مع السهولة ان جسم منشورى ا ب ث د ه ف ع ش و ا ب ث د هـ ف غ ش (شكل ١٥) متحد مع حجم اى منشورين يكون ارتفاعه واحدا وقاعدتاه شكلين متوازيي الاضلاع مسطحهما مساو لمسطح قاعدة ا ب ث د المستطيلة

وجسم المنشور القائم المثلثى يساوى حاصل ضرب قاعدته فى ارتفاعه

وذلك لانه يمكن تقسيم كل منشور مربعى مثل ا ب ث د ه ف ع ش (شكل ١٧) الى منشورين مثلثين متساويين فى الجسم وهذا التساوى يحصل ايضا اذا جعلنا اضلاع متوازى السطوح مائلة بدون ان تتغير قاعدته وارتفاعه الاان سطح قاعدة المنشورين المثلثين الذى هو ا ب ث او ا د ث يكون نصف سطح ا ب ث د الذى هو قاعدة متوازى السطوح فاذن يكون جسم المنشور المثلثى مساويا لحاصل ضرب قاعدته فى ارتفاعه

وجسم كل منشور كثير الاضلاع مثل ا ب ث د ه و ا ب ث د هـ (شكل ١٨) يساوى حاصل ضرب قاعدته فى ارتفاعه

وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذا المنشور الى عدة مناشير مثلثية بقدر احتوا قاعدته وهى ا ب ث د على مثلثات مثل ا ب ث و ا ث د الخ يكون ارتفاعها عين ارتفاع المنشور الكلى فيكون جسمها الكلى هو مجموع القواعد المثلثية التى هى ا ب ث و ا ث د و ا د ه مضروبا فى الارتفاع

(بيان تكعيب شكل الاهرام)

ولنبدء

ولنبدأ بالهرم المثلثى فنقول

حجم الهرم المثلثى هو ثلث حاصل ضرب قاعدته فى ارتفاعه

وبرهان ذلك اننا اذا اخذنا اى منشور مثلثى مثل ا ف (شكل ١٩) وقطعناه بمستوى ا ث ه المار بخط ا ث الذى هو ضلع القاعدة ونقطة و التى هى رأس الزاوية تحصل معنا اولا هرم ا ب ث ه المثلثى الذى تكون قاعدته وارتفاعه عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبقى علينا الهرم المربعى الذى قاعدته ا ث ف د ورأسه ه فنقسمه بمستوى ا ه ف الى هرمين مثلثين فيتحصل معنا هرم ا د ه ف المقلوب الذى قاعدته د ه ف ورأسه ا فعلى هذا تكون قاعدة هذا الهرم وارتفاعه عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبالجملة اذا قابلنا هرم ا ث ف ه وهو الثالث بهرم ا د ه ف فانه يترآى لنا انه يساويه فى الحجم لاننا اذا جعلنا مثلث ا د ف = ا ث ف بالنظر لقاعدتيهما كان رأس الهرمين وهو ه واحدا فاذن يمكن اعتبار حجم كل منشور مثلثى مكافئا لحجم ثلاثة اهرام ارتفاعها واحد وقاعدتها واحدة فعلى ذلك يكون حاصل ضرب قاعدة كل هرم فى ارتفاعه الذى هو حجم المنشور مساويا ثلاث مرات لحجم هذا الهرم

وحجم اى هرم كان (شكل ٢) يساوى ثلث حاصل ضرب القاعدة فى الارتفاع

وبرهان ذلك ان نقسم القاعدة الى مثلثات مثل ا ب ث و ا ث د و ا د ه الخ يكون كل منها قاعدة لهرم مثلثى رأسه نقطة و ويكون قياس كل من هذه الاهرام المثلثية سطح مثلثات ا ب ث و ا ث د الخ مضروبا فى ثلث ارتفاع و س المشترك فعلى ذلك يكون قياس الهرم الكلى هو حاصل ضرب القاعدة الكلية فى ثلث هذا الارتفاع

بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته باوجه مستوية على حسب المطلوب (شكل ٢١)

اذا جعلنا فى هذا الجسم اى نقطة مثل و رأسا للاهرام التى تكون قاعدتها اوجه الجسم المستوية فان مسطح كل وجه مضروبا فى ثلث بعده من رأس و يكون حجم الهرم المقابل و يكون مجموع الحواصل حجما للجسم ولتسهيل هذه الطريقة ينبغى المكث فى داخل الجسم ذى الاوجه المستوية وقياس بعد كل وجه عن هذا المستوى مع الضبط وعدم التساهل والا افضى بنا ذلك الى الوقوع فى عمليات هندسية عويصة مشكلة لا تلايم سرعة عمليات الصناعة وسهولتها وهنا طريقة اخرى تفضل الاولى فى السهولة والسرعة ولنبحث قبل ان نتصدى لذكر هذه الطريقة عن تقويم حجم المنشور الناقص المثلثى مثل ا ب ث د ه ف (شكل ٢٢) ثم نقسمه الى ثلاثة اهرام ونجعل قاعدة الاول ا ب ث وارتفاعه ب ه فعلى ذلك يكون حجمه قاعدة ا ب ث مضروبة فى ثلث ب ه والثانى الذى قاعدته ا ث ف ورأسه فى ه يكون مكافئا للهرم الذى رأسه فى ب وقاعدته ا ث ف. او الذى قاعدته ا ب ث ورأسه فى ف ويكون الهرم الثالث الذى هو ا د ف ه مكافئا لهرم ا د ف ب المكافىء لهرم ا ب ث د فاذن يكون منشور ا ب ث د ف الناقص مكافئا فى الحجم للاهرام الثلاثة التى قاعدتها المشتركة ا ب ث ورؤسها المتناظرة فى د و ه و ف على نهاية الاضلاع الثلاثة

فاذا كانت تلك الاضلاع عمودية على القاعدة كان حجم الاهرام الثلاثة والمنشور الناقص هو سطح ا ب ث × ١/٣ (ا د + ب ه + ث ف)

فاذا كان المطلوب حجم منشور م ن و د ه ف الناقص (شكل ٢٣)

المحصور بين مستوي م ن و , د ه ف المائلين على اضلاع المنشور فاننا لاجل ذلك نفرض ان ا ب ث يكون عموديا على هذه الاضلاع فيحصل معنا ما يأتي وهو

حجم ا ب ث د ه ف = سطح ا ب ث $\times \frac{1}{3}$ (ا د + ب ه + ث ف)

وحجم ا ب ث م ن و = سطح ا ب ث $\times \frac{1}{3}$ (ا م + ب ن + ث و)

فاذن ينتج من ذلك

حجم م ن و د ه ف = سطح ا ب ث $\times \frac{1}{3}$ (د م + ه ن + ف و)

ويسهل علينا بواسطة هذه القواعد تحديد حجم الجسم المنتهى باوجه مستوية بان نقسم هذا الجسم الى مناشير كاملة ومناشير ناقصة مثلثية يسهل معرفة حجمها على الفور فيكون مجموع هذه الحجوم هو نفس حجم الجسم

ويمكن ان نبرهن مع السهولة على ان حجم كل منشور تام او ناقص مربعي مثل ا ب ث د ه ف ع ش (شكل ٢٤) اضلاعه عمودية على قاعدة ا ب ث د هو سطح هذه القاعدة مضروبا فى ربع مجموع الاضلاع الاربعة التى هى ا ه , ب ف , ث ع , د ش

وبيان ذلك انا اذا قسمنا بالتوالى المنشور المربعي الى منشورين مثلثيين كمنشورى ا ب ث ه ف ع , ا د ث ه ش ع ثم الى منشورى

ا ب د ه ف ش , ب ث د ف ع ش تحصل معنا حجم المنشورين الاولين = ١/٢ سطح ا ب ث د × ١/٣ (ا ه + ب ف + ث ع + ا ه + د ش + ث ع)

وحجم المنشورين الاخرين = ١/٢ سطح ا ب ث د × ١/٣ (ا ه + ب ف + د ش + ب ف + ث ع + د ش)

فاذا اخذنا مجموع هذين الحاصلين تحصل معنا حجم المنشور المربعى مرتين = ١/٢ سطح ا ب ث د × ١/٣ (٣ ا ه + ٣ ب ف + ٣ ث ع + ٣ د ش) فاذن يكون حجم المنشور المربعى فى حد ذاته ١/٤ سطح ا ب ث د (ا ه + ب ف + ث ع + د ش)

(اجراء العملية فى تكعيب قارين السفن)

قد تقدم لنا فى الدرس الثانى انه يمكن تقسيم القارين الى قطوع افقية بواسطة المستويات الافقية من خطوط الماء التى تكون على بعد واحد من بعضها ويمكن تقسيمه ايضا الى قطوع منتصبة بواسطة مستويات اخر تكون على بعد واحد من بعضها ايضا وتسمى مستويات الازدواج وتقطع هذه المستويات حجم القارين الى مناشير مستطيلة متساوية القاعدة وناقصة من كل جانب ويتحصل الحجم الكلى لهذه المناشير الناقصة بضرب قاعدتها المشتركة فى ربع اربعة اضلاع كل منشور الان كلا من هذه الاضلاع الاربعة يستعمل فى اربعة مناشير (ماعدا اضلاع الجوانب فانها لا تستعمل الا فى منشورين فقط ولذلك لا يمكن اخذ كل منها الا نصف مرة وهنالك اربعة اضلاع لا تستعمل الا فى منشور واحد فلا يؤخذ منها الا الربع ليضاف الى مجموع

الاضلاع المستعملة فى اربعة مناشير) فاذن يكون الجم الكلى للقارب مساويا
لسطح احد المستطيلات اعنى حاصل ضرب بعد مستويات خط الماء فى بعد
مستويات الازدواج وفى مجرد مجموع سائر هذه الاضلاع التى تكون افقية
وموضوعة معا على كل مستو من مستويات الازدواج وعلى خط الماء
وتستعمل هذه العملية التقريبية السهلة الوجيزة فى معرفة حجم اى جسم كان
وكل جسمين متماثلين يكونان متساويين فى الحجم

وبيان ذلك اننا اذا قسمنا هذين الجسمين الى مناشير ناقصة مثلثية اضلاعها
الخطوط المتوازية التى تحدد التماثل فى كل منشور ناقص مثل
م ن و د ه ف (شكل ٢٣) موضوع من جهة مستوى التماثل الذى
هو ا ب ث تحصل معنا من الجهة الاخرى منشور م ن و د ه ف
الناقص بشرط ان د م = د م و ه ن = ه ن و ف و
= ف و فيكون المنشوران الناقصان متساويين فى الحجم فاذن يكون مجموع
سائر هذه المناشير الناقصة بالنظر للجسم الاول مساويا لمجموع سائر المناشير
الناقصة المتقابلة بالنظر للجسم الثانى فعلى هذا اذا كان الجسمان ذوا الاوجه
المستوية متماثلين كان حجماهما دائما متساويين وحيث كانت هذه
الخاصة صحيحة اياما كان عدد الاوجه فانها تكون ايضا صحيحة اذا كان هناك
عدة اوجه صغيرة يمكن بواسطتها اعتبار الاجسام منتهية بسطوح
منحنية لا باوجه مستوية

وبناء على ذلك يكون كل مستوى تماثل اى جسم قاسما لهذا الجسم الى قسمين
متساويين فى الحجم

(بيان المجسمات المتشابهة)

يكون هرما ا ب ث د و ا ب ث د (شكل ٢٥) متشابهين
اذا كانت اضلاعهما المتقابلة وهى ا ب و ا ب و ب ث و ب ث

و ثد و ثد و اد و اد متوازية

وذلك لان من المعلوم ان المثلثات المتألفة من اوجه الهرمين المتقابلة تكون متشابهة اذا كانت اضلاعها متوازية فاذن تكون الزوايا الثلاث المستوية التي تكون منها رأس كل من الهرمين متساوية كل لنظيرتها وزيادة على ذلك تكون الاضلاع الثلاثة التي تتألف منها كل زاوية مجسمة متوازية اذا طبقناهرم اب ث د على الهرم الاخر مع التوازي بحيث تكون نقطة ا واقعة على ا و اب على اب و اث على اث و اد على اد فاذن تكون مستويات اب و اب و اد و اب د و اث د و اث د منطبقة على بعضها وبناء عليه تكون زاويتا ا و ا المجسمتين من الهرمين متساويتين وبذلك يبرهن على ان زوايا ب و ب و ث و ث و د و د تكون متساوية وحينئذ متى تحقق هذا الشرط وهو كون اضلاع الهرمين المتقابلة متوازية كانت جميع الشروط المعتبرة في تشابه الشكلين متحققة ايضا فاذا كانت اوجه الهرمين المثلثين متناسبة بدون توازى اضلاعهما فانهما يكونان متشابهين

وبيان ذلك انه اذا كانت الاضلاع الثلاثة من كل من اوجههما المتقابلة متناسبة فان هذه الاوجه تكون متشابهة وتكون الزوايا المستوية متساوية فاذن تكون الزوايا المجسمة المتألفة من الاوجه ثلاثا ثلاثا متساوية ايضا وتكون جميع شروط التناسب موفى بها

وكل مجسمين منتهيين باوجه مستوية يكونان متشابهين اذا كانت اضلاعهما المتقابلة متناسبة وكانت زواياهما المتقابلة متساوية سواء كانت مستوية او مجسمة

وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذين المجسمين الى اهرام اضلاعها متناسبة

وزواياها المتقابلة متساوية

وجماهرمي ا ب ث د ه الخ و ا ـ ث د ه المتشابهين (شكل ٢٦) يكونان متناسبين لمكعبات الاضلاع المتقابلة وبيان ذلك ان حجم كل هرم يساوي حاصل ضرب قاعدته في ثلث ارتفاعه فعلى ذلك اذا كانت قواعد ب ث د ه ف و ـ ث د ه ف الخ اشكالا متشابهة فانها تكون متناسبة للمربع المرسوم على احد اضلاعها فيتحصل حينئذ (شكل ٢٦) هذه النسبة وهي

سطح ب ث د ه ف : ـ ث د ه ف :: ب ث م ن : ـ ث م ن فاذا رسمنا حينئذ على ب ث م ن و ـ ث م ن المجعولين قاعدتين مكعبا فانه يتحصل معنا حجما المكعبين وهما

ب ث^{3} = ب ث^{2} × ب ث و ـ ث^{3} = ـ ث^{2} × ـ ث لكن نسبة ب ث : ـ ث :: $\frac{1}{3}$ اش : $\frac{1}{3}$ اشـ

فاذن تكون نسبة ب ث^{3} : ـ ث^{3} :: ب ث^{2} × $\frac{1}{3}$ اش : ـ ث^{2} × $\frac{1}{3}$ اشـ

ففي التناسب الاخير يكون الحدان الاخيران دالين على حجم الهرمين والحدان الاولان دالين على حجم المكعبين

ونسبة حجوم المجسمات المتشابهة المنتهية باوجه مستوية على حسب المطلوب كنسبة مكعبات الخطوط المتقابلة

وبيان ذلك انه يمكن تقسيم تلك المجسمات الى اهرام متشابهة متحدة العدد ونسبة اضلاعها المتقابلة واحدة وهي ر الا ان الهرمين اللذين تكون نسبة اضلاعهما المتقابلة الى بعضها كنسبة ا الى ر تكون نسبة حجميهما

الى بعضهما كنسبة ١ الى مكعب ر فاذا ضممنا من جهة الاهرام الصغيرة الى بعضها وضممنا من جهة اخرى سائر الاهرام التى تزيد عنها فى الجسم بقدر ر٣ اعنى ثلاث مرات فان نسبة الجسوم الى بعضها تكون :: ١ الى ر٣

وينبغى ان نوضح هذا الدرس للتلامذة بان نبين لهم المناشير والاهرام المجوفة المتساوية والمتشابهة والمتماثلة الخ ونوضح لهم ايضا الدروس الآتية بان نبين لهم الاسطوانات والمخاريط والاكر المجوفة مع القطوع المحكمة العمل

(الدرس الثامن)

(فى بيان الاسطوانات)

اذا تحرك خط مستقيم على امتداد خط منحن مثل ا ب ث د الخ (شكل ١ و ٢ و ٣) وكان دائما موازيا لاتجاه معلوم فانه يتولد منه اسطوانة ومن ثم يطلق عليه مولد الاسطوانة وكل مستقيم مثل اا و ب ب و ث ث الخ دل على وضع الخط المولد لها فانه يكون احد اضلاع تلك الاسطوانة

وهناك عدة انواع مختلفة من الاسطوانات بقدر ما يوجد من انواع المنحنيات مثل ا ب ث د الخ التى تستعمل فى استقامة حركة خط التولد ويمكن ايضا ان نصنع بواسطة منحنى ا ب ث د (شكل ١ و ٢) عدة اسطوانات مختلفة على حسب ما فى مستقيم اا و ب ب المولد لها من الانحرافات المتنوعة

وحيث انه يترآى للمهندس ان المستقيم التام يمتد من طرفيه الى ما لا نهاية له لزم ان تمتد الاسطوانة من طرفى اضلاعها الى ما لا نهاية حتى تكون تامة

ولكن للاسطوانة فى الصناعة طول محدود دائما من طرفى اضلاعها فلذا كان لكل اسطوانة عند الصانع نهايتان

فاذا

فاذا كانت الاسطوانة منتهية من احد طرفيها بسطح ا ب ث المستوى سمى هذا المسطح قاعدة واذا كانت منتهية من الطرفين بسطحيات مستوية متوازية كان لها قاعدتان وقد تكون هذه الاسطوانة قائمة (شكل ١) او مائلة (شكل ٢) على حسب ما تكون عليه اضلاعها من كونها عمودية او مائلة على مستويى القاعدتين

وفى بعض الاحيان يكون احد المستويين اللذين يحددان الاسطوانة غير موازللآخر كما فى (شكل ٨) حيث يرى فيه اسطوانة منتهية بسطحى ا ب ث ك و م ن ح خ المستويين فنفرض بناء على ذلك ان مستوى م ن ح خ هو الذى نشأ عنه نقصان الاسطوانة ذات القاعدتين المتوازيتين اللتين هما ا ب ث د و ا ث ى ويطلق ناقص الاسطوانة او الاسطوانة الناقصة على كل من جزءى ا ب ث د م ن ح خ و ا ث ى م ن ح خ

واذا كانت قاعدة الاسطوانة دائرة سميت الاسطوانة مستديرة وتسمى عند الصنايعية باسم الاسطوانة فقط لانها هى المستعملة دون غيرها فى اغلب فروع الصناعة

ثم ان خط و و المستقيم (شكل ٤) الممتد من مركز الدوائر المستعملة قواعد للاسطوانة المستديرة هو محور الاسطوانة وهو المار بمركز جميع الدوائر الحادثة من قطع الاسطوانة بمستويات موازية لمستوى القاعدتين

وعلى حسب خواص المتوازيات (التى تقدم ذكرها فى الدرس الثانى) يكون سطح الاسطوانة على حالة واحدة دائما مع الضبط اذا كان منشاؤه اما حركة خط مستقيم آخذا على التوالى اوضاع ا ا و ب ب و ث ث و د ى الخ المتوازية على امتداد ا ب ث د (شكل ٣)

ولما حركة منحنى ا ب ث د (شكل ٤) الا آخذ ايضا على التوالى

اوضاع ا ب ث د و ا ب ث د و ا ب ث د الخ المتوازية

على امتداد خط مستقيم بحيث تكون نقطة الخط المنحنى التى هى ا مثلا

شاغلة بالتدريج لاوضاع ا و ا و ا الخ من ضلع اا

وقد استعمل ارباب الفنون الطريقتين فى احداث الاسطوانة القائمة

والمستديرة وقد يوثرون احداهما على الاخرى على حسب ما تقتضيه حاجتهم

من توسيع هذا السطح اعنى الاسطوانة من جهة دون اخرى وها ك الطريقتين

المذكورتين

الطريقة الاولى فى صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع

اذا اقتضى الحال توسيع الاسطوانة اتساعا كاملا بواسطة اضلاعها فانه يرسم

فى داخل الدائرة اوخارجها مضلع ذو اضلاع كثيرة مثل ا ب ث د ه

ثم ترسم مع غاية الضبط عدة اوجه صغيرة مستوية وهى متوازيات اضلاع

اب ـ ا و ب ث ـ ث ـ الخ (شكل ٣) وتكون بقدر

ما فى القاعدة من الاضلاع ثم نصلح الاضلاع البارزة بواسطة الفارة او القادوم

او المنشار او نحو ذلك مما يصلح من الآلات لقطع السطوح المستوية متتبعين

الاتجاه الطولى من مستقيمات اا و ب ـ ب و ث ث المتوازية

ونجعل الاسطوانة مستديرة وبهذه الطريقة تحقق من توفر الشروط فى سطحها

لكونه متكونا من اضلاع مستقيمة ومتوازية لكن لا تحقق من كون محيط

السطح الحادث من هذه الاضلاع دائرة لان الاتساع الناشئ عن الفارة

والقادوم وغيرهما انما يكون فى الجهة المستقيمة من الاضلاع لا فى جهة المحيط

المستدير

(بيان اجراء العملية فى صناعة صوارى السفن)

ينبغى ان يكون سطح هذه الصوارى لاسيما الصوارى العليا (اى الغابية

والبوافنكو) ممتـدامن جهة الطول حتى يمكن تزحلق اطواق الرواجع (المسماة باطواق التعشيق بلا مانع) من اسفل الى اعلا وعكسه حول هذه الصوارى فمن ثم يعمل الصانع الصوارى على حسب الطريقة التى ذكرناها آنفا

الطريقة الثـانية فى صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية المتوازية اذا كان المطلوب من مبدء الامر ان تحقق من الامتداد فى الجهة العمودية على طول الاضلاع فانا نستعمل اولا المخرطة ونرسم بهامع التوالى عدة دوائر مثل ا ب ث و ا ب ث و ا ب ث الى آخره (شكل ٤) حتى يتألف من مجموعها شكل اسطوانى فيتحقق اذن ان السطح المصنوع كامل الاستدارة وممتد فى الجهة المعترضة ولكن لا يمكن باى وجه من الوجوه ان تحقق من الامتداد فى الجهة الطولية

(بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار)

قد شاهدنا فى ترسانات انكلترة انهم يستعملون الطريقة الآتية فى خرط السطوح الاسطوانية وحاصلها ان تأخذ من مبدء الامر منشورا من الخشب بقدر اربعة اشبار او ثمانية ثم تدفعه فى داخل الفارة المستديرة فبمجرد سيره وتحركه يكون مستديرا بحديد الفارة وبهذه الطريقة يتألف سطح اسطوانى محكم الاستدارة اذا كان المنشور كامل الاستقامة لكنه يكون غير ابن رأسا اولينا قليلا اذا كان قضيب الخشب مائلا من بعض الجهات

واذا كان المطلوب عمل سطح اسطوانى مع الدقة لزم ان تحقق من الامتداد فى كلتا الجهتين وهاك ما يمكن عمله وذلك بان نوجه آلة الخرط الحادة بواسطة دليل مواز لمحور الاسطوانة بحيث يكون سن الآلة على بعد واحد من هذا المحور فاذن يثبت ان سائر الدوائر مساوية لبعضها وان الاضلاع مستقيمة الخطوط مع غاية الضبط

(اجراء العملية فى التكعيبات والتشبيكات وغيرهما)

قد تكون الطريقتان اللتان يمكن بهما تركيب الاسطوانة من حيث هي مستعملتين في رسم سطوح الضوء الاسطوانية كسطوح التشبيكات والتكعيبات فتستعمل لرسم الاضلاع خيوطا اوقضبانا من حديد اواعمدة من خشب اوحبالا بسيطة ممتدة على خط مستقيم وقد تكون الطارات المأخوذة من مادة واحدة دالة على المنحنيات المتساوية الموازية لقاعدتى الاسطوانة اذا كان قدر هذه الطارات وانحناؤها واحداثم نلحم اونلصق بواسطة السلوك المعدنية اوغيرها الاضلاع والمنحنيات فى كل نقطة تتقاطع هى فيها و بذلك يكمل رسم السطوح الاسطوانية ولذا تجعل الابراج واعمدة التكعيبات والاقفصة والقفف وغيرذلك على صورة شكل اسطوانى ويمكن رسم الاسطوانات المعلومة السمك بان تجمع عدة اسطوانات صغيرة بجوار بعضها ونلصقها فى الخارج بواسطة طارات اوسيور مستديرة وذلك كالزنابيل المستعملة فى الاشغال الحربية والحرب المضمومة الى بعضها التى يكون القصد منها الزينة اوالمنفعة اوغيرذلك

ومن الفنون مايكون الغرض الاصلى منه صناعة السطوح الاسطوانية بان تثنى السطوح المستوية المتواصلة (راجع السطوح المنفردة فى الدرس العاشر)

فلذا يأخذ صانع آلات الكيل الواحا مصلحة وممهدة يكون سمكها رفيعا من جميع جهاتها حتى يمكن انشاؤها على حسب الصورة وابعاد المعايير المتنوعة كالهكتولتر والديكالتر واللتر وهلم جرا وكان اسم المد يطلق على المعيار القديم الاسطوانى المستعمل فى كيل الحبوب ويسمى صانعه فى اصطلاحهم صانع المد

ويمكن للصانع ان يتحقق من الصورة الاسطوانية للامداد بان يجعل مقعرها مستويا صلبا كمقعر البراميل وفى الغالب يكون الطرف الاعلا من هذه الامداد محاطا بدائرة من الحديد لها قطر اوقطران من الحديد ايضا وهذا هو منشاء عدم اختلال المعيار وعدم تغير صورته وهيئته

وفي الغالب يصنع النحاس والسمكري بواسطة صفائح رفيعة جدا من النحاس او الصفيح الابيض اونحو ذلك سطوحا اسطوانية اسهل صناعة من جميع السطوح المنحنية المطلوب عملها اوذلك كانابيب المداخن والميازيب وغيرهما واذا علم كل من هذين الصانعين قطر كل انبوبة وطولها يسهل عليه عادة معرفة محيط هذه الانبوبة الذي يعرف به عند ضربه في الطول سطح صفائح النحاس والصفيح وغيرهما اللازمة للصانعين المذكورين

وينبغي لنا ان نضيف اولا الى محيط الانبوبة عرضا يساوي التحام جزئي كل صفيحة يلزم التحامها لاجل تركيب الاسطوانة وثانيا نضيف الى كل من اطوال الانابيب قدرا يساوي طول تعشق طرفيها

وينبغي أن تكون قدور الآلات البخارية معدودة من جملة الاشغال المهمة التي يصنعها النحاس على صورة الشكل الاسطواني الان قاعدة هذه القدور تكون غير مستديرة (راجع شكل ٥) ويلزم لاجل جمع صفائح النحاس المتنوعة التي يتركب منها القدر الكبير استعمال المسامير الاسطوانية او المبرشمة التي تدخل في الصفائح مع الضبط والاحكام بحيث لا ينفذ منها ولا من الصفائح الداخلة فيها جزء من البخار ويتوصل الى ذلك بواسطة اربعة مخارز او خمسة تكون على بعد واحد من بعضها ومؤلفا منها قالب واحد يمكن صعوده وهبوطه على التعاقب بواسطة آلة ميكانيكية قوية جدا وقد تكون الصفيحة التي يصنع فيها الثقوب الداخلة فيها المسامير المبرشمة موضوعة على برواز وهذا البرواز لا يتحرك عند انخفاض القالب لتكون جميع المخارز ثاقبة للصفيحة على البعد المطلوب واما عند ارتفاعه بعد عمل الثقوب الاسطوانية فتمتد الصفيحة على طول بحيث تكون المخارز عند انخفاضها ثانيا ثاقبة للثقوب الاربعة او الخمسة الآتية على البعد الموافق للثقوب المتقدمة

وليس استعمال هذه الطريقة مقصورا على مجرد تجهيز جمع الصفائح المعدنية التي يتركب منها القدور الكبيرة البخارية بل تستعمل ايضا في جمع الصفائح المستعملة في صناعة غطاء السفن الخارجي المتخذ من الحديد وصناديق الماء

النازلة فى البحر المخترعة عن قريب
ولننبه فى شأن هذه الصناديق المتخذة من الحديد التى يكون شكلها مكعبات اومناشير مستطيلة ناقصة على ان اضلاع هذه المكعبات والمناشير تكون حادة ومتخذة من صفائح مستديرة على شكل ربع اسطوانة قائمة مستديرة ايضا
ويصنع كل من صانعى الرصاص والمزامير انابيب ذات شكل اسطوانى ولاجل عمل هذه الانابيب يمكن ان تثنى كما يثنيها النحاس والسمكرى اوتسحب بواسطة المسحبة

(بيان صناعة الاسطوانات)
(بالمد والسحب)

لنذكر لك هنا الطريقة المستعملة فى ترسانة مدينة قطام لصناعة اسطوانات مجوفة من الرصاص يكون سمكها وقطرها معلومين
وليكن ا ب ث د (شكل ٦) هى الاسطوانة المصبوبة التى يكون قطرها هو القطر الداخلى للاسطوانة المجوفة المطلوب تحصيلها فنصب اولا حول الاسطوانة اوحول قالب متحد القطر اسطوانة من الرصاص اغلظ واقصر من الاسطوانة المطلوب عملها وندخل اسطوانة ا ب ث د المصبوبة فى الاسطوانة المجوفة ثم نمرّ بالاثنين فى المسحبة التى نضيقها فى جميع المرات وبتأثير هذه المسحبة ترق الاسطوانة المجوفة وتنبسط اذا كان قطرها الداخلى هو قطر اسطوانة ا ب ث د وتجعل لها بالتدريج سمكا ملايما لها فيتحصل من هذه الطريقة اسطوانات استقامتها محققة فى كلتا الحالتين اذا كانت اسطوانة ا ب ث د مصنوعة مع الضبط
وقد تكون السلوك المعدنية بحسب سمكها وغلظها وكذلك قضبان الحديد المستديرة اسطوانات مصنوعة من تحويلها الى قطر مناسب بواسطة آلة المد والبسط وتدخل من وسط ثقوب مستديرة يطلق عليها اسم المساحب وتصغر

هذه

هذه الثقوب المستديرة شيأ فشيأ لاجل جعل سمك القضيب او السلك بالتدريج في كل ممر

(بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب)

وهي صناعة انابيب الحديد المصبوب المستعملة في الممالك الافرنجية لاجل تسليك المياه والغاز والانابيب المستعملة لطلمبات المياه والهواء والبخار وغير ذلك

(بيان صناعة الاسطوانات بالنقب)

يكفي في عمل الانابيب صناعة الصب وذلك كالانابيب المستعملة في جريان المياه التي لا يحتاج فيها الى اشكال محكمة الضبط بخلاف الانابيب المحتاجة للضبط الهندسي كانابيب الطلمبات وكذلك داخل المدفع والابوس والهون فانه ينبغي فيها غالبا اتباع الطرق الصعبة كعملية النقب (راجع السطوح الدائرة في الدرس الثاني عشر)

(بيان صناعة الاسطوانات بالنشر)

يمكن عمل الاسطوانة بالمنشار وهو على وجهين الاول ان نجعل الجسم المطلوب نشره ثابتا ونقرب منه المنشار بالتوازي لاتجاه معلوم بشرط ان يكون تابعا لمنحن مرسوم قبل ذلك وهذا هو ما يفعله نشار والطول الوجه الثاني ان نجعل المنشار صاعدا او هابطا في اتجاهه الاصلي من غير ان يتقدم او يتأخر ونجعل للجسم المطلوب نشره حركة ماثلة مناسبة وبهذا الوجه تصنع السطوح الاسطوانية في دواليب النشر

(بيان صناعة الاسطوانة عند المعمارجية)

اذا اراد البناؤن عمل سطح اسطواني كقوصرة الباب او القبة او عين قنطرة اوغير ذلك فانهم يصنعون اولا من الخشب سطحا اسطوانيا مجوفا تجويفا تاما متحدا مع محيط القوصرة المطلوب صناعتها ويركبون من مسافة الى اخرى

شكلا كثير الاضلاع مثل ا ب ث د ه (شكل ٧) يكون داخل محيط القوصرة المذكورة ويجعلون لهذا المضلع عدة من الاضلاع الكبيرة

ليحدث قطع دائرة سهلة الامتلاء بواسطة القوصرة بدون احتياج الى كثير من الاخشاب ثم يملاؤن هذه القطع بقطع من الخشب يضعون عليها اخشابا قائمة متلاصقة تظهر من احد اطراف الشكل السابع فيحصل من اعلا هذه الاخشاب السطح الاسطوانى الذى يضع عليه البناؤن احجار القبة المعروفة عندهم باسم احجار العقد

(بيان مساحة سطح الاسطوانات)

يمكن ان نعتبر سطح الاسطوانات كمركب من اضلاع كثيرة يمكننا معرفتها عند رسمها بجوار بعضها على قدر الامكان وان نعتبر الاسطوانة كمنشور منته بعدة اوجه صغيرة ضيقة جدا

وحينئذ يكون محيط قاعدتها مضلعا يلتبس علينا بالمضلع المستعمل قاعدة للمنشور

فاذا كانت الاسطوانة قائمة فان سطحها (من غير اعتبار قاعدتيها) يكون مساويا لمحيط احدى هاتين القاعدتين مضروبا فى ارتفاعها

ويكون السطح الكلى للاسطوانة القائمة المستديرة وكذلك سطح القاعدتين مساويا لمحيط احدى القاعدتين المذكورتين مضروبا فى امتداد الضلع زائدا طول نصف قطر احدى القاعدتين

ويمكن ان نقطع سطح الطول فى منشور ا ب ث د الخ ا ـ ث ى الخ (شكل ٨) على حسب ضلع ا ا وندير بالتوالى كل وجه صغير مثل ب ـ ث ث و ث ث ى د الخ لنضعه فى مستوى ا ا ـ ب فيحصل معنا شكل مستو متألف من متوازيات ا ا و ب ـ ث ث الخ (شكل ٩) ومن اضلاع ا ب و ب ث و ث د و د ه الخ و ا ـ و ـ ث و ث ى و ى ه العمودية على هذه المتوازيات وهذا هو الذى يستدعى ان يكون

ا ب ث د ه الخ و ا ـ ث د هـ الخ خطين مستقيمين متوازيين وعموديين على اضلاع ا ا و ب ب وهلم جرا ويطلق على المستطيل المتحصل بهذا الوجه (شكل ٩) اسم انفراد محيط المنشور فيكون سطح المنشور منفردا الان هذا الانفراد يمكن استعماله بدون بسط لاجزاء سطوح ا ا ب و ب ب ث الخ اوتضييقها لتبقى متجاورة وتصنع سطحا مستويا مستمرا وسنذكر ذلك فى شأن سطوح الانفراد دروسا تخصها ومن جملة هذه السطوح الاسطوانات التى يمكن اعتبارها كمناشير اضلاعها لا تنحصر

والنصنع فى الاسطوانة القائمة (شكل ٨) قطعين ماثلين متوازيين مثل م ن ح ح و م ه ع غ ثم تقيس السطح الاسطوانى المنحصر بين القطعين المذكورين فيظهر حينئذ ان اجزاء اضلاع م م و ن ه و ح ع و ح غ الخ اذا كانت خطوطا مستقيمة متوازية محصورة بين مستويين متوازيين تكون متساوية فعلى ذلك اذا اعتبرنا الاسطوانة كمنشور له عدة اوجه صغيرة فان سطوح الاشكال المتوازية الاضلاع الدالة على كل وجه صغير تكون هكذا

سطح م م ه ن = ا ب × م م

سطح ن ه ع ح = ب ث × ن ه = م م

سطح ح ع غ ح = ث د × ح ع = م م الخ

فحينئذ يكون سطح م ن ح ح و م ه ع غ = ا ب ث د × م م اعنى انه يساوى محيط قاعدة ا ب ث د الخ مضروبا فى طول احد اجزاء الاضلاع المحصورة بين المستويين المتوازيين

واذا اريد مساحة سطح الاسطوانة الناقصة وهى ا ب ث د الخ

و م ن ح ح الخ (شكل ٨) فانه ينبغي مد السطح الاسطواني بتعيين كل من اضلاع ام و ب ث و ث ح الخ على حسب طوله وتحدد على المد (شكل ٩) سطح ا ب ث د الخ و م ن ح ح الخ

فاذا فرضنا ان الاسطوانة منشورية عدة اوجه صغيرة متساوية وكان ا ب = ب ث = ث د تحصل معنا سطح الاسطوانة الناقصة وهي ا ب ث د الخ و م ن ح ح الخ = ا ب (ام + ب ن + ث ح + د ح الخ) يعني ان عرض احد الاوجه الصغيرة مضروب في مجموع اضلاع هذه الاوجه

(بيان مساحة حجم الاسطوانات)

اذا اعتبرت الاسطوانة كمنشور مركب من عدة اوجه صغيرة رأيت حجمها يساوي سطح قاعدتها مضروبا في ارتفاعها

وحيث ان قاعدة الاسطوانة القائمة المستديرة دائرة فمساحتها مساوية لحاصل ضرب محيطها في ربع قطرها

فاذن يكون حجم هذه الاسطوانة مساويا لمحيط القاعدة مضروبا في نصف قطر هذه القاعدة وفي ارتفاع الاسطوانة المذكورة

وحيث ان المناشير المائلة او القائمة التي قاعدتها واحدة وارتفاعها ايضا واحد متساوية في الحجم فالاسطوانات القائمة او المائلة التي قاعدتها واحدة وارتفاعها كذلك متساوية الحجم ايضا ويمكن بغاية السهولة تحديد حجم الاسطوانة الناقصة القائمة المستديرة وليكن ا ب ث (شكل ١٠) الدائرة المستعملة قاعدة لهذه الاسطوانة و و و محورها فيكون حجم الاسطوانة الناقصة التي هي ا ب ث هـ ف الخ مساويا لسطح القاعدة مضروبا في محور

و

و و بمعنى انه يكون مساويا لحجم الاسطوانة القائمة التي ارتفاعها و و

وبرهان ذلك ان نفرض اسطوانة ا ب ث ا م ث ۿ التي قاعدتها العليا موضوعة في مركزها وهو و ونقول ان حجمي ام ۿ ه و ث م ن ف متساويان ونلاحظ لاجل ذلك من مبدء الامر ان و هي مركز دائرة ا م ث ۿ فيقسم قطر م و ۿ هذه الدائرة الى جزئين متساويين

فاذا ادرنا حجم م ۿ ا ه حول م ۿ كادارة اللولب بقدر زاويتين قائمتين فان نصف دائرة م ۿ ا ينطبق على نصف دائرة م ۿ ث وتكون جميع اجزاء الاضلاع مثل ا ه الخ منطبقة على اضلاع ف ث الخ وبالجملة فمستوى م ۿ ه ينطبق على مستوى م ۿ ف فاذن يكون الحجمان منحصرين بين ثلاثة سطوح تنطبق على بعضها وبناء على ذلك يكون حجمها واحدا غيران الاسطوانة القائمة تزيد على الاسطوانة الناقصة وهي ا ب ث ه ف بقدر م ۿ ا ث وتنقص عنها بقدر م ۿ ث ف فاذن يكون الاسطوانتان متساويتين في الحجم وقياس احداهما قياس الاخرى

وكذلك يوجد في دائرة ا و ب (شكل ١١) قطاعات بقدر ما في الاسطوانة من القطاعات التي قاعدتها هي قطاع الدائرة والتي تنتهي من جهة ا ب ـ ا بنفس السطح الاسطواني ومن الجهتين الاخريين بمستويي ا ا و و ب ـ و و المارين بمحور الاسطوانة الذي هو و و

وقد تكون قاعدة الاسطوانة قطعة دائرة ا ب ث (شكل ١٢) ويكون محيطها اولا جزء ا ث ب ـ ث ا الاسطواني وثانيا مستوى ا ب ـ ا الموازي للمحور والذي صورته على صورة شكل متوازي الاضلاع

(اجزاء عملية خواص الاسطوانة في تحديد الظلال)

اذا وصلت اشعة الشمس الينا كانت متوازية تقريبا بحيث يتعذر على الآلات

الحكمة ان تبين مايظهر من الاختلاف الموجود فى اتجاه شعاعين شمسيين نازلين على بعد واحد عظيم من بعضهما وذلك كنهاية عمارة كبيرة متقابلتين ولذا نعتبر اشعة الضوء الخارجة من الشمس كانها محكمة التوازى

فاذا كان باب اوشباك اوقبوة على هيئة قوس دائرة ا ب ث د ه (شكل ١٣) مضيأ بالاشعة الشمسية التى هى اا و ب ب و ث ث و د د و ه ه فان هذه الاشعة خطوط مستقيمة موازية لبعضها

ثم بمحيط الدائرة وترسم شكل اسطوانة اومنشور قاعدته ا ب ث د ه وهذه الاسطوانة تفصل الجزء المضيء بالشمس من داخل الباب اوالشباك اوالقبوة من الجزء الموضوع فى الظل

وتكون الاسطوانات بسبب شكلها ووضعها من اعظم المهمات اذا اقتضى الحال تحديد الاجزاء المضيئة والاجزاء الموضوعة فى الظل فى رسم العمارة والتصوير وجميع فنون الرسم وسنبين فى الدروس الآتية الطرق المستعملة فى حل المسائل الاصلية الخاصة بالاظلال على وجه هندسى

(اجراء عملية خواص الاسطوانة فى الهندسة الوصفية)

اعظم استعمالات خواص الاسطوانة النافعة هو استعمال سطح هذه الاسطوانة لكونه يبين رسم الخطوط المحنية اومساقطها على مستويات

فاذا فرضنا فى الفراغ خطا منحنيا مثل ا ب ث د ه الخ (شكل ١٤) واردنا رسمه على مستوى المسقط وهو م ن ح ح الخ فاننا نمد من كل نقطة من هذا المنحنى خطا عموديا الى هذا المستوى ويتكون من تتابع نقط ا و ب و ث و د و ه الخ التى تكون مراتب الخطوط العمودية على المستوى المذكور خط منحن يدل على الرسم الهندسى اوعلى مسقط منحنى ا ب ث د كما قيل

وفى العادة يرسم كل منحن على مستويى م ن ح ح و ح ح د ض

العمودين على بعضهما بشرط ان تكون خطوط المسقط التى هى

اا و ب ب و ث ث الخ العمودية على المستوى الاول موازية

للمستوى الثانى وخطوط اأ و بَ بَ و ثَ ثَ العمودية على

المستوى الثانى موازية للمستوى الاول فاذن يكون مسقطا ا ب ث ى ه

و أ بَ ثَ ىَ هَ كافيين فى التحديد التام لمنحنى ا ب ث د ه الخ الحادث

منهما كما سترى ذلك عند تقاطع السطوح

وقد عرفنا انه بواسطة المستوى يمكن تركيب الاسطوانات وصناعتها

وبالعكس بمعنى انه يمكن بواسطة الاسطوانات تركيب المستويات وصناعتها

(بيان استعمال الاسطوانة فى الزراعة)

اعلم انه بواسطة الاسطوانة التى ندبرها فى طريق حدثت فيها الرمال عن قريب

او على خضرة او ارض محروثة حرثا جيدا تمهد الاجزاء البارزة حتى

تساوى الاجزاء المنغمسة اى الداخلة وتمهد الارض حتى يحدث عنها

سطح مستو

(بيان استعمال الاسطوانة فى ترقيق الفطير)

يستعمل الخباز اسطوانة من الخشب تسمى بالنشابة وذلك بان يدحرجها

و يضغطها او يدفعها بيديه كى يرقق بها العجين حتى يصير منتهيا من اعلاه

واسفله بسطوح مستوية

(بيان الاسطوانات المركبة اعنى آلات الحلج)

يستعمل فى احداث سطوح مستوية اسطوانتان مركبتان يكون محوراهما

متوازيين وهذا اتم نفعا من استعمال اسطوانة واحدة وليكن

ا ب و ا ب (شكل ١٥) هما محورا الاسطوانتين المركبتين بشرط

ان يمكن قربهما او بعدهما عن بعض على حسب المطلوب فاذا كان المحوران

موازيين لبعضهما مع الاتقان وكانت الاسطوانتان مصنوعتين مع الضبط

المطلوب فانهما يكونان دائما على بعد واحد من بعضهما واذا مرر نا بعد تمام

ذلك بين الاسطوانتين بلوح معدنى اوشئ آخر من المعادن قابل للتمديد فان هذا اللوح يؤول الى السمك المعين بالبعد الاقصر الموجود بين الاسطوانتين المذكورتين

فاذا قربنا الاسطوانتين من بعضهما يسيرا بعد مرور اللوح بينهما اول مرة لنمرّ به ثانيا بينهما فاننا نمدده تمديدا ساريا ومناسبا لهذا القرب واذا تمادينا على هذه الطريقة وتبعناها فاننا نرقق اللوح شيأ فشيأ ترقيقا مناسبا للسمك المطلوب وهذه هى فائدة آلات الجلخ

(بيان استعمال الاسطوانات فى عمل الورق)

قد احدثت الصناعة فى هذا المعنى جملة عمليات من خواص الاسطوانات وهى ان كل اسطوانتين مغطاتين بالجوخ يضغطان مادة الورق ويجعلانها فرخا مستطيلا على قدر المطلوب ولهذا كان يسمى بالورق الجائر

(بيان استعمال الاسطوانات فى صناعة الطبع)

فتضع حروف الطبع اللازمة لطبع اى فرخ كان على اسطوانات ذات قطر كبير وتكون هذه الاسطوانات متحدة مع اسطوانات اخرى مغطاة بالجلد ومدهونة بالحبر الذى تلقى منه كمية معلومة على حروف الطبع ثم تمرّ بفرخ من الورق المصقول بين هاتين الاسطوانتين اللتين عليهما الحروف فينطبع فيه صورة تلك الحروف وهذه الطريقة التى يحصل بها الطبع مع غاية السرعة عامة النفع لاسيما فى نشر الجرانيل التى يلزم جمعها ونشر اوراقها فى مدة قليلة من الزمن ولو بلغ ما بلغ مقدار النسخ المطلوبة من هذه الجرانيل

وتستعمل هذه الاسطوانات ايضا فى رسم جملة من الاشكال على الاقمشة وكيفية ذلك ان تنقش على اسطوانات متخذة من النحاس الالوان المطلوب طبعها

(بيان طبع الليتغرافيه اى الطبع على الحجر)

لا تستعمل فى اللوازم الليتغرافية الا اسطوانة واحدة وذلك بان يكون الفرخ المطلوب طبعه موضوعا على الحجر بعد تمام الرسم وتنقشه بالحبر ثم تمرّ عليه

اسطوانة

اسطوانة اخرى فتؤثر فيه تأثيرا متساويا فى كل جزء من اجزائه فينشأ عن ذلك تسوية الطبع وظرافته

(بيان الطبع بالنقش)

اذا اريد النقش بالواح من النحاس فاننا نمر بكل من اللوح المستوى وفرخ الورق الذى تنطبع فيه النقوش بين اسطوانتين يضغطان احدهما فوق الاخر

(بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة)

(فى صناعة الحديد وجعله قضبانا)

بعد أن نسخن كتلة من الحديد الغشيم تسخينا جيدا على حسب الطريقة القديمة المستعملة الى الآن فى سائر بلاد اوربا لصناعة الحديد نضعها على سندال ثم ندق عليها بمطرقة ثقيلة تنفى خبث الحديد الذى فى هذه الكتلة فيحدث بواسطة هذه المطرقة مناشير اوقضبان من الحديد تكون صورتها تامة اوناقصة على حسب تأثير المطرقة فيها وقد استعمل الانكليز منذ سنوات الاسطوانات المزدوجة لتكون مع الانتظام التام عوضا عن شغل المطرقة الخشنى وذلك بان نفرض زوجين من الاسطوانات المضلعة بحيث يتولد عنهما انفراجات تكون اشكالها على هيئة الاشكال المعينة الصغيرة بالتدريج كما فى (شكل ١٦) اوعلى صورة الاشكال المستطيلة القليلة العرض مع التدريج ايضا كما فى (شكل ١٧) وبعد ان نضلع الكتلة المذكورة بالمطرقة على قدر الامكان نمرّ بها بين الاسطوانتين وعلى انفراجات ١ و ٢ و ٣ التى تنقص غلظ تلك الكتلة وتجعلها قضبانا مربعة اومسطحة ولهذه الطريقة منفعة عظيمة فى كونها تبسط مع الانتظام التام الحديد وتمده وقد شرعوا فى استعمال هذه الطريقة ببلاد فرانسا لكن لسوء الحظ لم تستعمل الا فى قليل من الورش الصغيرة جدا

(بيان استعمال الاسطوانات فى ندف القطن)

قد استعملت الاسطوانات مع النجاح فى ندف القطن والصوف وكذلك فى تحليل

التيل والكتان

وقد تكون الاسطوانتان الموضوعتان بالتوازى (شكل ١٧) مشتملتين باضراس مسننة مغروسة مع الانتظام على سطحيهما بحيث تدخل اسنان احداهما بالسهولة بين اسنان الاخرى وعندما يدخل القطن او الصوف او الكتان او التيل بين الاسطوانتين المذكورتين اللتين يتحركان بحركة مضادة او متحدة الا انهما يختلفان فى السرعة تمتد خيوط هذه الاشياء بالتوازى ويتالف منها عند بروزها من الاسطوانتين طارة مستوية تسمى آلة الندف

(بيان استعمال الاسطوانات فى غزل القطن)
(والتيل ونحو ذلك)

كيفية ذلك أن نؤلف اسطوانة قائمة مستديرة مثل آب مع اسطوانة مخططة مثل ث د (شكل ١٥) فتكون الخيوط مشدودة بين اسطوانتين اوليين وتكون ايضا مشدودة مع السرعة بين اسطوانتين اخر بين موازيتين للاوليين فينشأ عن ذلك امتداد جزء الخيط الموضوع بين زوجين من الاسطوانات بالنسبة لاختلاف سرعة زوجين آخرين منهما فاذا امتدت الخيوط بهذه الكيفية صارت رفيعة جدا وهذا هو احدى الفوائد العظيمة الموجودة فى آلات الغزل المستعملة الآن

وحيث كانت صناعة الاسطوانات المخططة من جملة العمليات النفيسة فى الصناعة فهى مستلزمة للضبط والاحكام ثم ان خطأ التوازى الموجود فى التخطيط واختلال اقطار الاسطوانات وان كانا قليلين جدا الا انهما يحدثان فى الخيوط الرفيعة اختلافا ينشأ عنه انعدام ثمرة متانة الخيوط والتساوى الملايم لرقتها

(بيان تخطيط الاسطوانات)

يستعمل لاجل ذلك آلة صالحة لتقسيم الدائرة الى اجزاء متساوية على حسب الطرق التى تكلمنا عليها فى الدرس الثالث

وبعد ان يبين الانسان عدد التخطيط و يقف على دائرة التقسيم الناشئ عنها
هذا العدد يبتدى بعمل تخطيط اولى بواسطة آلة قاطعة تتوجه على امتداد
دليل موازمع الصحة والضبط لمحور الاسطوانة ثم ترجع القهقرى و بعد عمل
التخطيط الاول نقدم دليل تقاسيم الدائرة من نقطة معلومة فتظهر الاسطوانة
فى وضع مناسب لعمل التخطيط الثانى الذى يعمل ايضا بواسطة هذه الآلة
القاطعة وهلم جرا
وفى الغالب تركب الاسطوانات بطريقة اخرى وذلك بان ندخل اسطوانة مجسمة
فى اسطوانة مجوفة كما فى حركة المكباس فى الطلمبات (شكل ٢٠) وحركة السدادة
فى الزجاجة وحركة جزءى الابارة (شكل ٢١) اوعلبة النشوق المستديرة
(شكل ٢٢) وغير ذلك
ويستعمل فى ذلك ايضا الاسطوانات المجوفة المتعشقة ببعضها مع الضبط
كما فى النظارات التى تنظر بها الالعاب ونظارات البحارة التى تنبسط على حسب
المطلوب كما فى ا ب (شكل ٢٣) وتنقبض كما فى ا ب فاذن يتضح لنا
ان سهولة حركة تعشق آلات هذا النوع وضبطها تتعلق باستكمال صناعة كل
اسطوانة مجوفة داخلية كانت او خارجية
ثم ان الانكليز يجمعون بواسطة تعشق الاسطوانات الخطوط الطويلة من
الانابيب المستعملة لتسليك مياه مدنهم وقد يمتد الحديد امتدادا محسوسا
بالكلية عند شدة الحرارة و ينقبض انقباضا مضاهيا الامتداده عند ضعف هذه
الحرارة فاذا كانت الانابيب موضوعة بالتحرير على طول عظيم بدون ان تتحرك
اطرافها بلا مانع فانها تنكسر فتعين لاجل اجتناب هذا الضرر احد
طرفى كل انبوبة باسطوانة مثل اسطوانة ا ب ه د التى هى اعرض من
جسم انبوبة ث ف (شكل ٢٤) وندخل فى هذا الجزء العريض
طرف الانبوبة الصغير الذى هو م ه وهذا الادخال كناية عن كون
الانبوبتين يمكن ادخال احداهما فى الاخرى وان كان هناك التحام يجمع

بينهما ويصيران مائلين بهذه الكيفية سوآء كان ذلك بواسطة الإنبساط او الانقباض المتولدين من تغير الحرارة

(الدرس التاسع)

(فى بيان السطوح المخروطة)

السطح المخروط مثل ض ا ب ث د ه (شكل ١) يرسم بواسطة خط مستقيم مار دآئما بنقطة ض ومتكئ على ا ب ث د ه فتكون مستقيمات ض ا و ض ب و ض ث الخ هى اضلاع المخروط وتكون نقطة ض رأسه

ففى الصورة التى يكون فيها رأس ض ومنحنى ا ب ث د ه على مستو واحد يكون سطح المخروط هو سطح المستوى المذكور ولذا اذا دار فرس فى الميدان فان النير الذى هو خط مستقيم ممتد من عمود الميدان الى النقطة التى يربط فيها الفرس المذكور يرسم مخروط ض ا ب ث د الخ (شكل ٣) وهذا اذا كان الرأس خارج منحنى ا ب ث د الخ المقطوع بنقطة ربط الفرس فاذا كان النير افقيا كان هذا المخروط مستويا لان رأس ض موضوع فى مستوى دائرة ا ب ث د التى يقطعها الفرس فاذن تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ انصاف اقطار لهذه الدآئرة

ثم ان المهندس يعتبر المخروط (شكل ١) كسطح منحن ممتد من كلا طرفيه الى مالانهاية له وكذلك الخطوط المستقيمة التى هى اضلاعه *والمخروطان الحادثان من جزءى كل ضلع الموضوعان امام الرأس وخلفه يعتبران ايضا كسطح واحد منحن ويقال لهذا الرأس مركز المخروط لكون المخروطين المذكورين يكتنفانه من الجهتين السابقتين

وقد استبان لنا من الصناعة بعض امثلة من هذه المخاريط الكاملة اى

المزدوجة فمن ذلك المنكاب (شكل ٢) المستعمل فى السفن لمعرفة الزمن فانه متركب من مخروطين منتظمين على الوجه المبين فى الشكل المذكور وبعد مضى مدة مجعولة وحدة للزمن ينزل الرمل بتمامه من المخروط الاعلا الى المخروط الاسفل ثم يعد من وحدات الزمن بقدر مرات ادارة المنكاب

وفى الفنون يكون للمخاريط امتداد محدد دائما ولا يعتبر منها على الاطلاق الاجزء واحد كطية ض ا ب ث د (شكل ١)

فاذا كان المخروط منتهيا بسطح مستو مثل ا ب ث د ه (شكل ١) فانه يطلق على هذا المسطح اسم قاعدة المخروط ونفرض فى هذا الدرس ان كل مخروط يكون منتهيا بقاعدة مستوية

فالمخروط القائم المستدير او المخروط المنتظم الذى هو اسهل المخاريط هو الذى تكون قاعدته وهى ا ب ث د ه ف (شكل ٣) دائرة ويكون رأسه وهو ض موضوعا على محور الدائرة المرموز اليه بخط ض و المستقيم وهذا الخط ايضا هو محور المخروط

وتكون قاعدة المخروط المستدير المائل (شكل ٥) دائرة الا ان اضلاعه لا تكون مساوية لبعضها ولا يكون خط ض و المستقيم الممتد من الرأس الى مركز القاعدة عمودا على مستوى هذه القاعدة

وحيث كانت اضلاع ض ا و ض ب و ض ث مائلة ومتساوية البعد من خط ض و العمودى على مستوى الدائرة فى المخروط المنتظم (شكل ٣) فانها تكون متساوية فاذن تكون جميع اضلاع هذا المخروط متساوية ايضا ويتألف منها مع المحور زاوية واحدة

ولنفرض ان هنالك مخروطا حادثا من عمليات الفنون نرسم عليه عدة اضلاع دقيقة بحيث لا يظهر منها سوى منظر سطح كامل الامتداد مشحون بخطوط صغيرة الابعاد بحيث يعسر علينا مشاهدتها وهذا السطح المركب من عدة مثلثات مستوية صغيرة موجودة بين عدة اضلاع مختلفة ليس مغايرا للمخروط الهندسى فاذا اخذنا واحدا من هذين السطحين عوضا عن الآخر وكان فيه خطأ فان ذلك الخطأ يكون قليلا جدا بحيث لا يمكن رؤيته ويصير كلا شئ بالنظر الى الصناعة

وبناء على ذلك يعتبر المخروط دائما كالهرم ذى الاوجه الكثيرة المثلثية التى يكون عرضها صغيرا جدا وارتفاعها مختلطا بطول الاضلاع

فاذن تكون مساحات السطح والجم المختصة بالاهرام (درس ٧) مستعملة فى المخروط بلا مانع

فاذا كان المخروط القائم المستدير هرما منتظما فانه يحصل اولا ان مجموع سطح الاوجه اى السطح المنحنى من المخروط القائم المستدير يساوى حاصل ضرب محيط قاعدته فى نصف ضلعه وثانيا ان مجموع السطح المنحنى المستدير وسطح قاعدة المخروط القائم يكون مساويا لمحيط القاعدة مضروبا فى نصف ضلعه زائدا ربع قطر القاعدة ويكون جم اى مخروط كان مساويا لحاصل ضرب ثلث ارتفاعه فى سطح قاعدته

فاذا قطعنا المخروط بمستو مواز لقاعدته تولد من ذلك مخروط ناقص تكون مساحة سطحه وجمه ايضا كمساحة الهرم الناقص وجمه

وسطح المخروط الناقص المنتظم يساوى نصف مجموع محيط قاعدتيه مضروبا فى طول الضلع المنحصر بين هاتين القاعدتين

وبرهان ذلك اننا اذا قطعنا هرما بمستو مواز للقاعدة (شكل ٧) فان الهرم الصغير المنفصل بهذا القطع يكون مشابها للهرم الاكبر فاذا كانت هذه الخاصية صحيحة ولو بلغت اوجه الهرم الاكبر فى العدد ما بلغت كانت صحيحة ايضا فى المخروط وكذلك فى سائر ما يتولد عنه من النتائج فاذن ينتج لنا اولا

انما اذا قطعنا مخروطا بمستو موازللقاعدة فاننا نفصل مخروطا صغيرا مشابها للاكبر وثانيا انه اذا كان هناك مخروطان متشابهان فان سطح الجزء المنحني منهما يكون مناسبا لمربع الخطوط المتقابلة في هذين المخروطين وذلك كمربع الاضلاع مثلا وثالثا ان سطح القاعدتين يكون مناسبا لمربع الخطوط المتقابلة ايضا ورابعا ان حجوم المخاريط المتشابهة تكون مناسبة لمكعبات الخطوط المتقابلة (شكل ٧)

ولنصنع مخروطا ناقصا مثل ا ب ث الخ و ا ب ث الخ (شكل ٧) بان نفصل مخروطا صغيرا من مخروط كبير بمستو قاطع فيتحصل معنا ضرورة حجم المخروط الناقص بواسطة تقدير حجم المخروط الصغير وفرضه ثم نطرحه من حجم المخروط الكبير وحيث كان كل من هذين الحجمين مساويا لحاصل ضرب القاعدة في ثلث الارتفاع فلا يكون في اجراء العملية صعوبة

واذا لم يكن المخروط قائما ولا مستديرا او كان غير قائم فقط تعذر اخذ مساحة سطحه بواسطة القواعد التي ذكرناها آنفا

وينبغي لاجل اخذ مساحة سطح المخروط ان نحلله الى عدة مثلثات تكفي في الضبط المطلوب ثم نجعل هذه المثلثات بجوار بعضها على مستو واحد فاذا جعلنا مثلثات ض ا ب و ض ب ث و ض ث د من (شكلي ٣ و ٥) في ض ا ب و ض ب ث و ض ث د من (شكلي ٤ و ٦) فمن الجلي اذن ان السطح المنحني من المخروط يساوي سطح ض ا ب ث الخ المستوي وتكون مساحة هذا السطح الاخير على حسب القواعد التي ذكرناها في الدرس السادس

وبعد ان بينا الاقيسة اللازمة لسطح المخروط وحجمه نبحث عما يستعمل من هذه المخاريط في الفنون فنقول

قد يستر المعمار والنجار العمارات المستديرة بمخاريط تامة مستديرة (شكل ٨) يكون محورها هو محور العمارة المذكورة ويصنع الطو بجية مدافعهم على صورة عدة مخاريط ناقصة تكون قاعدتها الكبرى جهة البورمة وهي اسفل المدفع وكذلك صانع البرانيط يجعل قوالب البرانيط المعدة لرجال الافرنج ونسائهم على شكل مخروط تام اوناقص ويجعل اطرافها مستوية اومنحنية ولذا كانت البرانيط التي جرت عادة الفرنج باتخاذها للزينة والرفاهية تتنوع بتنوع ابعاد هذا المخروط التام اوالناقص وبتنوع الطرف ايضا راجع (شكل ١٠ و ١١ و ١٢)

ويحدد صانع المزامير الجزء الاسفل من انابيبه الاسطوانية بمخروط ناقص مثل ا ب ض ط (شكل ١٣) وتكون الانابيب التي نغماتها كنغمات النفير ومجموعها يقال له حركة النفير وهو ا ب ض ط (شكل ١٤) مصنوعة بوجه تام على شكل مخروط ناقص

ويجسم المعمار لاجل المتانة اعمدة ابنيته من مبدء القاعدة الى ثلث ارتفاعها بان ينقص منها دائما طول القطر من مبدء القاعدة المذكورة الى الجزء الذي يكون عليه رأس العمود فاذا اريد صناعة اعمدة مرتفعة جدا بحيث لا يمكن اتخاذها من حجر واحد فاننا نتصورها ونقسمها الى عدة اجزاء بواسطة جملة مستويات متوازية ثم نعتبر تلك الاجزاء المختلفة التي قسمنا اليها تلك الاعمدة مخاريط ناقصة (شكل ١٥) ونقطع حينئذ كلا من هذه الاجزاء المسماة بالخرجات ونجعلها مخاريط ناقصة بسيطة

وقد يجعل مهندس السفن صواري سفنه على شكل الاعمدة بان ينقص منها على التدريج طول اقطارها من مبدء القاعدة الى الرأس

وفي صناعة المخروط كثير من الطرق المشابهة للطرق المستعملة في صناعة الاسطوانة

فيمكن من مبدء الامر تأليف كثير الاضلاع المنتظم الذي هو ا ب ث د ه

شكل

(شكل ١٣ و ١٥) من عدة اضلاع ويمكن عمل كل وجه من الاوجه المستوية التى هى ض اب و ض ب ث و ض ث د الخ على حسب الطرق التى سبق ايضاحها فى الدرس الخاص بالمستويات

فاذا لم يكن هناك الا مخروط قائم مستدير ناقص مثل اب ث د الخ و ا ــ ث ى عوضا عن مخروط تام فانه ينبغى ان نبتدئ بصناعة وجهى اب ث د الخ و ا ــ ث ى المستويين (شكل ١٦) المتوازيين توازيا تاما ونرسم فى هذين المستويين نقطتى و و و بان يكونا على مستقيم عمودى على المستويين المذكورين ثم نمد من هاتين النقطتين مستقيمى و ا و و ا المتوازيين اللذين طولهما كطول انصاف اقطار دائرتى اب ث د ه و ا ــ ث ى ه المطلوب رسمهما

وبعد تمام ذلك نقسم المحيطين الى اجزاء متساوية ونمد من نقط التقسيم التى هى ا و ب و ث و د الخ و ا و ــ و ث و ى الخ اعمدة على نصف القطر لاجل تأليف مضلعين مستقيمين محاطين بدائرتين ونصنع الاوجه المستوية على اشكال شبيه المنحرف بحيث تكون قاعدتاها السفلى والعليا الاضلاع المضلعين المذكورين وهى اَ و ٢َ و ٢ و ١ و ٢َ و ٣َ و ٣ و ٢ و ٣َ و ٤َ و ٤ و ٣ الخ وعلى هذا المنوال نصنع هرما ناقصا محاطا بالمخروط فاذا نقصنا اضلاع اَ و ١ و ٢َ و ٢ و ٣َ و ٣ و ٤َ و ٤ الخ بواسطة الفارة اوغيرها من الآلات الصالحة لتمهيد تلك الاضلاع واصلاحها حتى مست الاوجه الجديدة المستوية المطلوب عملها الدائرتين تحصل معنا ايضا هرم ناقص له وجهان اوعدة اوجه اكثر من الاول ويكون اقرب شبها بالمخروط فاذا تمادينا على تمهيد الاضلاع واصلاحها كان شكلها دائما يقرب من الشكل الحقيقى للمخروط حتى نصل فى ضبط ذلك الى الدرجة الموافقة لعمليات الصناعة

ثم ان الطريقة التى ذكرناها آنفا ليست الاطريقة تقريبية فينبغى سلوك طرق اخرى فى صناعة المخروط مستمرة لاتنخرم اصلا

وحاصلها انه يمكن صناعة سطوح مخروطية بواسطة الخرطة وذلك بان نوجه الآلة القاطعة وهى ح (شكل ١٧) الى دليل م ن القائم الثابت الموازى لضلع اص فترسم تلك الخرطة فى كل وضع من الآلة المذكورة دائرة محورها الخط المستقيم الذى يمر بطرفى الخرطة المذكورة ويتكون من مجموع الدوائر المرسومة بهذه الكيفية سطح مخروط مثل ص ا ب ث (شكل ١٧) وبذلك يحدث معنادوامة ص ا ث (شكل ١٨)

ويمكن صناعة المخروط القائم المستدير بادارة الخط الراسم اى المحدث حول محور ص و (شكل ٣) ويحدث عن هذا الخط دائما زاوية واحدة مع المحور المذكور (راجع الدرس الحادى عشر)

وبهذا البيان يمكن احداث اى مخروط بواسطة خط مستقيم متحرك يمر دائما بالنقطة المجعولة رأسا

(بيان استعمال آلة التصوير)

تستعمل هذه الآلة لنقل صورة ا ب ث د الخ مع الضبط والاحكام بان يدور قضيب قائم حول نقطة ص الثابتة ويتكأ باحد طرفيه على الرسم الجانبى وهو ا ب ث د المذكور ويسند الطرف الآخر الذى فيه قلم الرصاص المسنن على ورقة مستطيلة يكون مستويها موازيا لمستوى الصورة فاذن يكون المنحنى وهو ا ب ث ى الخ المرسوم بالقلم المذكور مشابها للرسم الجانبى وهو ا ب ث د الخ

وبرهان ذلك ان نمد و ص و (شكل ١٩) عمودا على المستويين المتوازيين من الرسم الجانبى وصورته فيكون و و و هما النقطتان

اللتان يتلاقى فيهما العمود المذكور مع هذين المستويين ونفرض ان القضيب المستقيم المستعمل فى رسم الصورة فى وضع من اوضاع تلك الصورة مثل

ا ض ا ويمد و ا و و ا فنقول ان مثلثى ا ض و و ا ض و

المستطيلين متشابهان وذلك لان زاوية ا ض و تساوى زاوية ا ض و

لانهما متقابلتان فى الرأس وزيادة على ذلك ا و و ا و متوازيان

فاذن يكون مثلثا ا ض و و ا ض و متشابهين ويتحصل معنا هذا التناسب وهو

ض و : ض و :: ض ا : ض ا :: و ا : و ا ونبرهن ايضا على ذلك فنقول ان

ض و : ض و :: ض ا : ض ا :: ض ب : ض ب :: ض ث : ض ث :: ض د : ض د وهلم جرا

و ض و : ض و :: و ا : و ا :: و ب : و ب :: و ث : و ث :: و د : و د وهلم جرا

فاذن تكون خطوط و ا و و ا و و ب و و ب و و ث و و ث

الخ متوازية مثنى وبناء على ذلك يكون ا ب ث د ه ف الخ و ا ب ث د ه ف الخ شكلين متشابهين وتكون خطوطهما المتناظرة موازية ومناسبة لابعاد نقطة ض الثابتة ولمستوي الرسم الجانبي

وصورته فاذن يكون ذلك الرسم وهو ا ب ث د وصورته وهي ايضا ا ب ث د متشابهين

وهنا سطوح مرسومة بطبيعتها على صورة سطوح مخروطة اترسم بآلة التصوير المسماة فيزيونوتراس ورسمها بهذه الصورة ناشئ عن الاشعة

الخارجة من كل نقطة من نقط الضوء فان هذه الاشعة تدخل فى العين بواسطة الحدقة وتتقاطع فى نقطة ص (شكل ٢٢) حتى تصل الى سطح ح ح المسمى اوالياف العين المشتبكة بالشبكية وهذه الالياف هى الصورة التى تنطبع فيها المحيطات الطبيعية وتبقى فيها الوان الاشياء على ماهى عليه وقد ينتقل هذا التأثر الحاصل فى الياف العين المذكورة الى الوتر البصرى فيوصله الى الدماغ الذى هو محل العقل

فعند ذلك يتم عند الانسان وعند اغلب الحيوانات وضع النظر العجيب بواسطة السطوح المخروطية المرسومة فى الفراغ وفى داخل العين بواسطة اشعة الضوء التى تحدثها الاجسام المضيئة فى سائر الجهات بنفسها او بواسطة الضوء المنعكس فى جميع الجهات

ثم ان جميع الكواكب المضيئة التى تظهر فى السماء مدة ليلة مصحية وكذلك سائر الاجسام التى يتولد منها صورة متسعة فى يوم صحو تظهر فى رأى العين بجميع نسبها واشكالها والوانها وتنوعاتها بواسطة المخاريط التى ذكرنا وضعها

(بيان الاوضة المظلمة)

ثم ان ارباب الفنون والصنائع قد ينسجون فى صناعتهم على منوال ماتبتدعه القدرة الالهية فمن ذلك انهم اذا ارادوا رسم اوضة مثلا جعلوها على صورة حدقة العين كيلا يدخل فيها الضوء الا بواسطة زجاجة محدبة من الوجهين على شكل عدسى يشبه حدقة العين التى هى ص (شكل ٢٢) فيحول الضوء الاجسام والوانها واشكالها وحركاتها الى جوانب هذه الاوضة كما يحولها الى الياف العين المشتبكة وهى ا ـ ب ـ ش ـ د فاذا تلقينا هذا الضوء على ورقة امكن رسم محيطات هذه الاجسام التى يرسمها ذلك الضوء وتحصيل الوانها وظلالها واضوائها

واذا لم يمكن ان الاشعة الخارجة من نقطة ص المنفردة (شكل ٢٠)

التي تقابل سطح ا ب ث د هـ ف المظلم تتجاوز هذا السطح فان الاشعة التي ترسم محيط السطح المذكور تمتد وتفصل في امتدادها جزء الفراغ المضيء بواسطة الجسم المضيء من جزء آخر محجوب عن الضوء بواسطة الجسم المظلم ويقال لهذا الجزء المحجوب عن الضوء ظل الجسم المظلم مثلا اذا كان سطح اوجسم مظلم موضوعا امام كوكب مضيء فان ظل السطح اوالجسم المذكور يكون محددا بسطح مخروطي رأسه ذلك الكوكب المضيء

(بيان الصورة الخيالية)

اذا اردنا ان نرسم على اى مستو كان صورا مشابهة لرسوم جانبية مفروضة استعملنا في ذلك خاصية الاشعة المضيئة وذلك بان نضع (شكل ٢٠) الرسم الجانبي الذي نريد النسج على منواله وهو ا ب ث د هـ الخ في مستو مواز للمستوى الذي يراد رسم الصورة عليه فاذا كان هناك نور كنور الشمعة مثلا موضوع على بعد مناسب صار ذلك النور رأس المخروط الذي تكون قاعدته الرسم الجانبي المطلوب اخذه فيمتد المخروط الى مستوى الصورة بحيث يرسم هذا المخروط على المستوى المذكور قاعدة جديدة كقاعدة ا ب ث د الخ مشابهة للاولى ومحددة بالمحيط المجعول حدا للظل الذي تنقله الصورة وهذه القاعدة هي صورة الرسم الجانبي الخيالية وما قدمناه في شكل ١٩ من الحروف الدالة على آلة التصوير اثبتناه ايضا لشكل ٢٠ الدال على الظل المنقول لان البرهنة التي ذكرناها في شكل ١٩ تجري ايضا في شكل ٢٠ مع غاية الضبط والنتيجة في كل واحدة

(بيان الخيال الظلي)

قد استحسن في تسلية الغلمان وتعليمهم استعمال خاصية السطوح المخروطية لانها تحدث على مستو مفروض رسما جانبيا صحيحا من شكل واحد اوعدة اشكال حتى ان الضوء المنفرد تستضيء به صور متخذة من المقوى اوصور اشخاص حقيقية وينعكس به ظل الالعاب التي يصنعها هؤلاء الاشخاص

على ستارة تحجب ماوراها ويدخل الضوء بواسطتها فى الاجزاء المضيئة لتكون مميزة فى اعين الناظر عن الاجزاء الموضوعة فى الظل تميزا تاما وهذه الاجزاء الاخيرة هى قواعد السطوح المخروطية التى رأسها السراج اوغيره من الاجسام المنيرة خلف الستارة واضلاعها تمر بالرسم الجانبى من الاشخاص المطلوب معرفة وضعهم وصورتهم

فاذا كان جسم ا ب (شكل ٤١) الذى ظله وهو م ن منعكس على ستارة ر ر يبعد عن النقطة المضيئة وهى ص ويقرب من ا ب فان الظل المنعكس بواسطة ا ب ايس الا ظل م ه وهو ناقص دائما وبهذه الطريقة اذا مكث الجسم المضيء على حالته الاولى فانه يكفى فى تنقيص امتداد الظل ان نقرب الجسم المرسوم من الستارة بخلاف ما اذا بعد عنها فان الظل المذكور ينمو ويمتد على التدريج وكذلك فى صورة العكس بمعنى انه اذا جعلنا الجسم المرسوم قارا ثابتا والجسم المضيء هو الذى يبعد اويقرب من الستارة فان الظل المنعكس ايضا يزيد وينقص

واذا بقى كل من التغير الموجود فى مقدار الظلال وتغير الالعاب المتولد من حركة تلك الظلال على حالة واحدة فانه يترتب عليهما فائدة الالعاب المذكورة وقد تقتضى خواص السطوح المخروطة ان نجعل ما يلايم هذا اللعب النظرى من الاشياء والنسب رسوما هندسية محكمة الضبط ولنتكلم الآن على عمليات اهم من عمليات الخيال الظلى فنقول

(بيان قاعدة علم المنظر)

اذا وجه من نقطة ص الثابتة (شكل ٤٢) سائر الاشعة النظرية الممكنة على خط ا ب ض د المنحنى تكون من هذه الاشعة مخروط ص ا ب ث د واذا صنعنا قطاع ا ب ث د فى هذا المخروط

بواسطة م ن فان هذا الشكل الذي هو ا ب ث د تكون صورته على مستوى م ن كصورة ا ب ث د اي كنظيره وتنطبع صورته في النظر يعني انه يحدث على الياف العين المشتبكة صورة ا ب ث د لان خطوط ض ا و ض ا و ض ب و ض ب و ض ث و ض ث وهلم جرا المستقيمة تختلط ببعضها فاذن يكون الغرض من علم المنظر تحصيل صورة الاشياء كما يحدثها على الياف العين المشتبكة عند رويتها من نقطة ض فاذا كانت هذه الاشياء ناشئة عن جسم او عن منظره عسر علينا في الغالب تمييزها وربما اخطأنا عند رؤية ما شابهها وذلك يكون عند الاعتناء بهذا الفن وهذا هو منشأ انشراح الصدر وانبساط النفس الذي يحدث للناظر عند مشاهدة المناظر المحكمة الصناعة

واذا لم تكن عين الناظر في نقطة ض فان مخروط ض ا ب ث د تتغير صورته ولا يحدث على الياف العين المشتبكة صورة مشابهة للصورة التي تحدث عن نفس الجسم وهذا هو التأثير الغير المقبول الذي يحصل للانسان كثيرا او قليلا متى جعل نظره في وضع مخالف للنقطة النظرية وانما سميت النقطة المذكورة بهذا الاسم لانه بواسطتها يشاهد المنظر ويحظى الانسان بثمرة تأثيره ويتمتع بها كل التمتع

وقد ينشأ عن منظر الخطوط المنحنية اشكال مخروطية وعن منظر الاشكال المضلعة اهرام بواسطة اجتماع الاشعة النظرية من الخطوط المستقيمة الممتدة من العين الى محيطات هذه الخطوط المنحنية او المضلعات

فاذا اعتبرنا مضلعا منتظما يكون موازيا لمستوى الصورة واعتبرنا ايضا ان الشعاع النظري الممتد من مركز المضلع المذكور يكون عموديا على

المستوى المذكور فان المنظر يكون مشابها للمضلع المذكور وتكون الصورة المرسومة على الألياف العين المشتبكة هى نفس المضلع المنتظم لكن اذا رسمنا منظر هذا المضلع وغيرنا وضع نقطة النظر كانت الصورة التى ترسم فى الالياف المشتبكة غير منتظمة ويترآى لنا ان المضلع ممتد من جهة ومنقبض من الجهة العمودية

فاذا لم يكن الشكل المطلوب رسمه موضوعا على مستو مواز لمستوى الصورة فان المنظر يباين من جهة صورته الجسم المرسوم تباينا عاما

ويظهر من هذا التباين تنوعات لا نهاية لها ومع ذلك فهنالك قواعد مهمة عامة النفع فى اختصار عمليات المنظر التى لا بد منها لكثير من الصنايعية والمعمارجية ومهندسى البلدان والمزخرفين ونقاشى المجسمات وغير ذلك

فاذا كان مستقيما $\overline{اب}$ و $\overline{ثد}$ (شكل ٢٣) موازيين من مبدء الامر لمستوى الصورة وهو $\overline{مل}$ فلنا ان نقول ان منظريهما الموجودين على هذه الصورة وهما $\overline{اٮ}$ و $\overline{ثد}$ يكونان مستقيمين متوازيين

وبرهان ذلك اننا اذا مددنا الاشعة النظرية التى هى $\overline{صا}$ ا و $\overline{صب}$ و $\overline{صث}$ و $\overline{صد}$ فان خطوط $\overline{اب}$ و $\overline{اٮ}$ و $\overline{ثد}$ و $\overline{ثد}$ تكون متوازية ويكون خطا $\overline{اب}$ و $\overline{ثد}$ متوازيين فاذن يكون خطا المنظر وهما $\overline{اٮ}$ و $\overline{ثد}$ متوازيين ايضا وبناء على ذلك لا يمكن تلاقى هذه الخطوط المنظرية

ولنفرض الآن ان خطوط $\overline{اب}$ و $\overline{ثد}$ و $\overline{هف}$ المتوازية (شكل ٢٤) تكون غير موازية لمستوى الصورة وهى $\overline{مل}$ فيمد من النقطة النظرية وهى $\overline{ص}$ الى صورة $\overline{مل}$ مستقيم

ض و موازيا لخطوط اب و شد و هف المستقيمة المطلوب وضع منظرها ثم تمد شعاعى ض ا و ض ب النظرين اللذين يقطعان الصورة فى ا و ب فاذن يكون هذان الشعاعان فى مستو مار بنقطة ض وبخط اب وكذلك بخط ض و الموازى لخط اب فاذن يكون كل من نقط ا و ب و و الثلاثة الموضوعة على المستوى واللوح خطوطا مستقيمة فاذن يكون خط اب الممتد مارا بنقطة و ويبرهن بمثل ذلك على خطوط شد و شف الخ فاذن يثبت المطلوب وحينئذ فخطوط اب و شد و هف الخ التى هى مناظر لمتوازيات اب و شد و هف دائما تمر اذا امتدت على حسب الاقتضاء بنقطة و عند ماتكون خطوط اب و شد و هف غير موازية لمستوى اللوح ويقال لهذه النقطة الشهيرة نقطة جمع منظر خطوط اب و شد و هف الخ المتوازية فاذا رسمنا مناظر صور يكون عليها كثير من الخطوط المتوازية فمن المفيد ان نعين نقطة الجمع من خطوط كل اتجاه فيحصل من ذلك نقطة منظر كل من هذه الخطوط فيكفى اذن معرفة نقطة ثانية لاجل تحديد رسمها

(بيان اجراء علم المنظر فى فن المعمارية)

يمكن ان نستخرج فائدة عظيمة من نقط الجمع المستعملة فى عمليات علم المنظر وذلك عند مشاهدة رسم العمارة بطريقة المنظر فتكون اغلب الخطوط المستقيمة التى يرسمها المعمارجى موازية امالمستوى المنتصب الذى يكون تابعا لاتجاه اوجه العمارة المراد رسمها واما للمستويات المنتصبة العمودية على هذه الاوجه وبالجملة فيكون بعض هذه الخطوط منتصبا وبعضها افقيا

وحيث ان مستوى اللوح الذى يرسم عليه المنظر منتصب (شكل ٢٥)

فان جميع الخطوط التى تكون منتصبة فى العمارة تكون ايضا منتصبة فى المنظر ولما الخطوط الافقية اعنى الخطوط الموازية لمستوى الوجه فان نقطة مجمعها المطلوب تعيينها تكون و وتعين ايضا نقطة مجمع الخطوط الافقية العمودية على مستوى الوجه وهى و فاذن لا يكون معنا الا نقطة واحدة تعين بخط منتصب وخط افقى وقد يظهر لنا من طريقة المساقط قواعد سهلة جدا فى هذا الغرض سنبينها عند ذكر تقاطع السطوح

فاذا كان هناك خطوط متوازية يمكن مشاهدتها فى المنظر ينبغى ان نبحث من اول وهلة هل هذه الخطوط الممتدة تمر بنقطة منفردة موضوعة وضعا لا تقام لا وهذه النقطة هى نقطة مجمع الخطوط المذكورة على اللوح

واذا شاهدنا رسم عمارة على لوح منتصب (شكل ٢٥) كما هى الكيفية الجارية فى الرسم وفى النقش حسبما سبق لك آنفا فان النقط الجامعة لجملة من الخطوط الافقية المتوازية تكون موضوعة على المستوى الافقى المار بنقطة المنظر وذلك ان هذا المستوى المنفرد هو الذى يمكن مده حقيقة من النقطة المذكورة موازيا للخطوط الافقية وحينئذ تكون النقطة الجامعة لمنظر الخطوط الافقية الموازية للواجهة من جهة والنقطة الجامعة لمنظر الخطوط الافقية العمودية على هذه الواجهة من جهة اخرى موضوعتين بارتفاع مساو لارتفاع نقطة المنظر وبناء على هذا الارتفاع تكون خطوط الاتجاهين الافقيين مشاهدة فى المنظر على حسب مستقيم و و الافق المرفوع بقدر ارتفاع نقطة المنظر ايضا

ويشاهد مع السهولة (شكل ٢٥) ان اعلا شبابيك العمارة واسفلها اللذين هما على صورة خط مستقيم يكونان كذلك على صورة خط مستقيم فى رسم منظرهما وهذه هى فى الحقيقة خاصية اجزاء الخط المستقيم المتنوعة سوآء كانت منفصلة او غير منفصلة وذلك ان اتصال اجزاء الخط المستقيم المذكور ولو بخط وهمى يكفى فى تأليف خط مستمر يكون منظره خطا مستقيما منفردا يشتمل على رسم جميع اجزاء الخط المستقيم المذكور الذى

يراد نظره

(بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير)

يجب على المصوران يهتم وقت تصوير الشخوص على الالواح بان لا يضعها في مستو واحد ولا في وضع واحد لانه بدون ذلك تظهر تلك الشخوص على ارتفاعات متساوية اوناقصة على وجه منتظم بحيث انها اذا كانت واقفة مع التساوى كانت ارجلها موضوعة على خط مستقيم بل وكذلك جميع الركب والايدى والاذرع والرؤس تكون ايضا على خط مستقيم وبالجملة فهذه الخطوط تتلاقى في نقطة واحدة وهذا مما تنفر منه النفوس

ولاجل اجتناب هذه الكيفية المخلة بالرسم يجب على المصوران يهتم في وضع الشخوص على ابعاد مختلفة من الناظر بان يتوهم عدة مستويات موازية لمستوى اللوح وفي المستوى الاول القريب من الناظر تنطبع الاشياء على اللوح بابعاد عظيمة مختصة بها فابعدها في المستوى الثاني اقل منه في الاول وفي الثالث اقل منه في الثاني وهكذا

ويضع المصورون عادة في اول مستو وفيما يقرب منه الشخوص الاصلية التي تستدعي ابعادها تيقظ الناظر وانتباهه بالكلية

ويترآى للانسان بمقتضى المستوى الذى تكون فيه الصور أن منظرها لابدله من ابعاد فاذا لم يحددها المصور مع غاية الضبط كان رسمه فاسدا وكانت الشخوص موضوعة خارج الابعاد التي اراد تحديدها واما اذا اجاد وضعها بان وضع رؤسها وضعا محكما ووجه احداق اعينها توجها منتظما فان الصور التي ينبغي نظرها لا تنظر

وقد يخطئ المصورون في امور كثيرة ويعدونها مخالفة للمنظر لاسيما في رسم الاجسام والاذرع والاعصاب التي ليست استقامتها موازية لمستوى اللوح وبذلك تكون في الغالب ناقصة في الطول

وهذا الاختصار هو اصعب شئ في الرسم عند ارباب الصناعة فلا يمكنهم تصويرها في الغالب الا اذا وضعوا ارنيكات في المحل الذى يريدون رسمه ويكون

على حسب وضع الارنيكات وقوفهم فى المحل الذى يكون فيه وضع الناظر على حسب المحل الذى يريدون رسمه

وماذكرناه من القواعد القليلة يكفى فى صور كثيرة ليعرف بها صحة منظر الصور التى نعرفها اوعدم صحتها ويحصل فى الغالب ان البنائين والمصورين لايدركون قواعد علم المنظر على حقيقتها فيخطئون فى العملية خطأ فاحشا فاذا اتسعت دائرة العلوم الهندسية وانتشرت عند اغلب اهل اوروبا ظهر ان الخطأ الكبير الذى لايتأثر منه الا القليل من ارباب المعارف فى وقتنا هذا يتأثر منه عامة الناس ويتأذون منه جميعا ولايمكن للصنايعية اجتنابه بدون تعب شديد فيجبرون على الممارسة وبذل الجهد فى تطبيقات العلوم الهندسية على علم المنظر فيتحصل حينئذ لاشغالهم صحة التناسب اللازمة للاشغال التامة فى الفنون المستظرفة كما هى لازمة فى الفنون التى ليس الغرض منها الا ضبط الاشكال

(بيان اجراء علم المنظر فى رسم الآلات ومحصولات الصناعة)

اذا اريد رسم محصولات الصناعة او الآلات استعمل فى ذلك غالبا علم المنظر ومزيته هذا العلم على طريقة المساقط العادية هى اظهار كثير من الاجزاء التى يخفى بعضها بعضا بواسطة طريقة المساقط مثلا قد جرت العادة فى استعمال المساقط بخطوط متوازية ان نأخذ مستوى المسقط المنتصب موازيا للواجهة العمارة او عموديا عليها ففى الصورة الاولى لاتظهر الاضلاع الصغيرة من العمارة ولا تشاهد وفى الثانية تخفى الواجهة بنفسها بخلاف علم المنظر ففائدته اظهار وجهى العمارة دفعة واحدة كما تراه فى (شكل ٢٥)

وتستعمل قاعدة المساقط فى رسم منظر اى صورة كانت مع الدقة والضبط فاذا فرضنا ان هذه الصورة ونقطة النظر موجودان فى المساقط الافقية والمنتصبة وكذلك اثر اللوح فحصل معنا منظر اى نقطة كانت من هذه الصورة بواسطة رسم خط مستقيم يمتد من هذه النقطة الى النقطة النظرية

و بواسطة البحث عن تقاطع هذا الخط بمستوى الصورة (راجع الدرس الثالث عشر) وينبغى للمعلم ان يوضح هذه الطريقة ببعض امثلة جزئية مع ما يلزم لهامن الاشكال وذلك كمنظر مربع اومكعب

واذا اردنا ان نأخذ رسم عمارة اوشئ مصنوع اوآلة بواسطة علم المنظر ففائدة ذلك العلم هو انه يسهل علينا رسم جميع ما يقع عليه البصر من الصور على حقيقته بدون ان يختل منه شئ فينبغى حينئذ مزيد الاهتمام بتمرين التلامذة على انواع هذا الرسم المختلفة التى يجدون لها طرقا سهلة فى كثير من المؤلفات المعتبرة

(بيان اجراء عملية علم المنظر فى زخرفة محل الالعاب)

ينبغى لمزخرف محل الالعاب لاجل تحسين الالعاب المذكورة واستجلاب الناس اليها فى محل اللعب ان يستعمل اولا صورة كبيرة متسعة وهى الستارة التى تكون بداخل الملعب ويرسم عليها منظر العمارات والبلاد ثم يضع من الجهتين على حسب خطين بعيدين عن بعضهما قريبين من الناظر عدة صور غير متسعة مرتفعة موازية لبعضها وللستارة المتقدمة وليست تلك الصور فى الحقيقة الا اغشية للزينة فيرسم عليها اشجارا اواعمدة متفرقة اواجراء متصلة لكن هذه الطريقة ليست مستكملة للشروط لان الخطوط التى ترسم على الاغشية المذكورة يحدث عنها اجراء خط مستقيم تشاهد من نقطة النظر ويظهر ان تلك الخطوط لا يحدث عنها الا خط واحد الا انها لا تكون على استقامة واحدة اذا شوهدت من نقطة اخرى من محل اللعب غير نقطة النظر ومع وجود هذا الخلل يكون لهذا المنظر المزخرف المرسوم رسما جيدا مشابهة كلية بحقائق الاشياء كى يسر المتفرجون الجالسون فى الملعب على اختلاف مجالسهم سرورا تاما برؤيتهم ما يروق الخاطر ويعجب الناظر

(بيان اجراء عملية المساقط المخروطية فى علم الجغرافيا)

يستعمل فى رسم الاشياء الشهيرة الظاهرة على الكرة الارضية اوعلى الكرة السماوية كيفية المساقط المخروطية المضاهية لعلم المنظر

ثم ان المخاريط الممتزجة مثنى اوثلاث والاسطوانات الممتزجة ايضا بهذه المثابة يقل استعمالها فى علم الميكانيكة مع ان استعمالها فيه فائدة عظيمة فى كثير من الصور

فقد يستعمل فيه مخاريط منتظمة مصقولة (شكل ٢٦) لاجل نقل حركة الدوران من محور الى آخر بواسطة المحاكة فى صورة ما اذا كان المحوران غير متوازيين

ويستعمل فيه ايضا المخاريط المنتظمة المضرّسة (شكل ٢٧) لاجل هذا الغرض بعينه

واذا اراد المعمار استعمال اعمدة كثيرة حلها الى مخاريط ناقصة تكون مضرّسة اذا كانت الاعمدة ايضا مضرّسة وفن تضريس الاعمدة يستدعى غاية الضبط والاتقان فى العمل ومما يستدل به على المهارة النادرة الوجود التى اكتسبها الشغالون الذين كانوا يشتغلون فى عمارة بلاد اثينا مدة القرون التى كانت فيها هذه المدينة على غاية من السودد والفخار والبراعة فى الفنون والصنائع هو كمال تفصيل تضريس الاعمدة الكبيرة على صورة سطوح مخروطية وتمام التعديل لهذه المخاريط الناقصة ليحدث من ذلك تضاريس مستطيلة مع الضبط والاحكام مبدءها رأس العمود وغايتها قاعدته

وليست صحة تضريس الطارات المخروطية مقصورة على الزينة والرفاهية بل تكون ايضا فى تضريس الاعمدة ويترتب على صحة التضريسات وضبطها سهولة نقل الحركات وتدبيره وتنظيمه كما سيأتى ذلك عند الكلام على حركة التعشق (راجع الجزء الاول من الميكانيكة فى المجلد الثانى من هذا الكتاب)

(الدرس العاشر)

فى بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء وغير ذلك

كل سطح امكن انتشاره اوبسطه اوانفراده على اى مستوبدون ان يكون فى هذه العملية جزء من اجزاء السطح يجب امتداده اوانقباضه اوتضعيفه فانه يسمى سطحا منتشرا

وقد اختبرنا فيما تقدم نوعين مهمين من السطوح المنتشرة وهما نوع الاسطوانات والمخاريط وعلمنا انه يمكن فى الحقيقة انتشار هذه السطوح على اى مستوبدون كسر وانطواء وعلمنا ايضا عكس ذلك اى انه يمكن انحناء جزء من المستوى بدون انطواء وكسر بحيث يمكن صناعة اسطوانة اومخروط تكون صورته وابعاده معلومين

وبالجملة فقد علم انه يمكن اعتبار الاسطوانة كنشور مركب من اوجه مستوية كثيرة العدد على صورة شكل متوازى الاضلاع ويمكن اعتبار المخروط كالهرم المركب من اوجه كثيرة العدد ايضا على شكل مثلث ضيق جدا

ويمكن ايضا ان نعتبر السطح المنتشر (شكل ١) كانه مركب من اوجه صغيرة مستوية مثل ا ا ب و ب ب ث و ث ث د الخ منتهية بخطوط مستقيمة مثل ا ا و ب ب و ث ث الخ وتسمى هذه الخطوط اضلاعا

فاذا اردنا انتشار هذا السطح المنحنى على صورة سطح مستو فاننا نبتدى بادارة وجه ا ا ب حول ضلع ا ب حتى يوضع فى مستو واحد مع وجه ب ب ث الثانى ثم ندير هذين الوجهين حول ضلع ب ث حتى يكونا معا فى مستوى وجه ث ث د الثالث ثم نستمر على هذه الكيفية الى الوجه الاخير فيحصل حينئذ معنا انتشار السطح المنحنى بتمامه

ثم ان الفرق الذى يكون بين المخروط والسطح المنتشر هو ان جميع الاوجه التى على صورة الزاوية تكون رأسها فى نقطة واحدة بخلاف اوجه السطح المنتشر فان ا و ب و ث التى هى روس اوجه ا ا ب و ب ب ث

و ث ى وهلم جرا تكون مختلفة الوضع
وكذلك يعتبر المهندسون ان المخروط مركب من طيتين (راجع الدرس التاسع) (شكل ١) وكذلك السطوح المنتشرة واحدى هاتين الطيتين ترسم على الوجه الذى ذكرناه فى الدرس المتقدم واما الثانية فترسم بواسطة امتداد الاضلاع الى اا و ب ب و ث ث الخ خلف منحنى ا ب ث د الخ ويقال لهذا المنحنى خط القهقرى والذى يلزم للفنون فى جميع الاحوال هو اعتبار احدى طيتى السطوح المنتشرة

(بيان اجراء العملية)

اذا اقتضى الحال حفظ اشياء ثمينة فانا نحيطها بشئ اقل قيمة منها وتكون احاطتها عادة بمادة لينة مستوية كالقماش والورق والمقوى والجلود والحديد والصفيح ونحو ذلك مما يتخذ غلافا كالاكياس وعلب الورق وغلاف الاسلحة وغطاء البضائع وجميع انواع العلب والقراطيس واغشية العطارين والاجزاخانة وهلم جرا
وهذه الغلافات مهما كان طيها وعدم طيها هى ضرورة قابلة للانتشار ويجب ان نلاحظ ان المادة التى تستعمل فى ذلك لاسيما اذا كانت من انواع المنسوجات وكانت قابلة للامتداد والانقباض تغاير فى بعض الحالات بالنظر الى اشكالها الدقيقة السطح المنتشر كما اسلفنا الكلام على ذلك بمقتضى رأى المهندسين

(بيان اجراء العملية فى صناعة البسط والجوخ)

ينبغى ان نتكلم على السطوح التى تحدث عن البسط والجوخ التى هى معدة لزينة المساكن والهيا كل العمومية فاذا اقتصرنا فى هذا الشان على اشكال السطوح المنتشرة المطابقة للهندسة على وجه الدقة والضبط تحصل معنا طيات مستقيمة ومحيطات موترة مجردة عن الظرافة وعن التنوع فى الاشكال وتكون اقرب شبها بمحيطات البسط الاترسكية

ويظهر

ويظهر ان امة اليونان هي اول امة عرفت واتقنت بواسطة ذكائها وفطنتها ما يمكن تحصيله بمطابقة الخاصيتين الموجودتين في الاقمشة احداهما كونها تبنى على شكل سطوح منتشرة مركبة من اضلاع مستقيمة والثانية كونها تنحني مع الانتظام والتساوي كي تبعد عن هذه الاشكال على التدريج حسبما تقتضيه الطرق التي يستحسنها الذوق السليم وهذه الطرق المستعملة في تزيين الابنية والعمارات تصلح ان تجعل اصولا عمومية

ولنرجع الى ما كنا بصدده في شأن السطوح المنتشرة على وجه الاتقان فنقول سيأتي لك ان تلك السطوح تستعمل بكثرة في الفنون وترى ما يكون في الصناعة من الفائدة في حل مسائلها على وجه هندسي

فاذا اردنا مثلا رسم سطح منتشر (شكل ٢) مار بمنحني ا ب ث د ه ف و ا ـ ث ء ه ف المنحنيين اللذين ليسا على مستو واحد فرضنا لاجل هذا الغرض ان منحني ا ب ث د ه ف مضلع مركب من عدة اضلاع مثل ا ب و ب ث و ث د و د ه وهلم جرا ثم نأخذ مسطرة محكمة الوضع فنضع مسطحها من احد طرفيها على ا ب ونديرها حول ا ب حتى يتقابل الطرف الثاني بمنحني ا ـ ث ء ه ف في نقطتي ا و ـ القريبتين منه جدا ونمد خطوط ا ا و ب ـ الخ المستقيمة وبعد تمام هذا نضع المسطرة على وجه بحيث يكون وجهها العريض المستوي موضوعا دفعة واحدة على ب ث و ب ـ ونعين نقطة ث التي يتقابل فيها هذا الوجه المستوي مع الخط المنحني ثم نمد ث ث ونبين بهذه الطريقة د ء و ه ه و ف ف الخ فيتحصل معنا حينئذ السطح المنتشر وهو ا ب ث د ه ف و ا ـ ث ء ه ف الذي يخالف قليلا السطح المار بمنحني ا ب ث د ه ف و ا ـ ث ء ه ف (راجع الدرس الثالث عشر)

(بيان نشر الاخشاب المنحنية)

يلزم غالبا فى عمارة المراكب نشر قطعة من الخشب على شكل سطوح يكون محيطها الاسفل وهو ا ـ ث الخ ومحيطها الاعلا وهو اب ث الخ مرسومين على وجهين من هذه القطعة فاذا اردنا اجراء عملية النشر بدون اعوجاج المنشار وقلبه لاجل تغيير شكل تلك القطعة المستوى او المنتشر لزم ان يكون الخط المستقيم الحادث عن اسنان المنشار متجها بحيث يمتزج بالتعاقب مع اضلاع اا و ب ـ و ث ث الخ (شكل ٢) فبهذه الكيفية يقسم المنشار قطعة الخشب ويرسم سطحا منتشرا

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة فى قطع الاحجار)

تستعمل السطوح المنتشرة بكثرة فى قطع الاحجار وهى عادة الاسطوانات والمخاريط فلاجل بناء القبوات ذات الاشكال الصعبة نبين شكل جميع محيطات كل حجر ينبغى جعله فى بناء هذه القبوة كما سنبين ذلك فى الدرس الخاص بتقاطع السطوح ولذا يسمى هذا الحجر حجر العقد ولاجل ان تكون العمارة على غاية من المتانة والصلابة ينبغى التحام هذه الاحجار مع الدقة باجزائها المختلفة التى يحمل بعضها بعضا ولذا تسمى بسطوح الالتحام فمن المهم اذن ان تكون سطوح الالتحام محددة مع الاحكام والضبط الكلى لتصير مكافئة فى وجهى حجرى العقد اللذين ينبغى تطبيق احدهما على الآخر ويصل الانسان الى هذا الغرض مع السهولة اذا جعل اوجه الالتحام منتشرة فيصنع ـ ينئذ ارنيك كل وجه منتشر سواء كان متخذا من المقوى او من الالواح الرفيعة وغيرها او يطبق الارنيك المذكور على وجه الالتحام ثم ينظر هل المسطرة تنطبق انطباقا كليا على هذا الوجه بموجب اتجاه الاضلاع ام لا

ولا يمكن للانسان ان يعرف حق المعرفة ان سطوح الالتحام لابد ان يكون لها فى جميع اجزاء العمارة شكل مطابق للشكل المتقدم الا اذا امثلنا له ذلك بكنيسة بنتهون بباريس وذلك لانك ترى بها قبة متسعة مرتفعة جدا على

اربعة صفوف من الاعمدة الطريقة ولاجل ان تكون العملية تامة ومضبوطة مع السهولة تقطع الخاريط الناقصة المستديرة التي يتركب منها طول العمود بحتها من منتصفها كى تنضم حوافيها بدون ظهور ادنى اثر فى خارجها فاذا رأى الانسان هذه الاعمدة عند ارتفاعها فانه بمجرد رؤيتها يترآى له انها من اعظم ملح الفنون بخلاف ما اذا وضع عليها ثقل عظيم من جهة القبوة فان حوافى الخاريط الناقصة المماسة لبعضها وليس لها سطوح كافية تقاوم هذا الثقل تنكسر بالكلية وتهبط القبة هبوطا كليا حتى يمتلىء الفراغ الذى فى داخل الخاريط الناقصة فيجبر الانسان حينئذ على تشييد اكتاف عظيمة فى وسط صفوف الاعمدة التي تسند عليها هذه القبوة ولاتفا بهر ظرافة البناء ولو جعلت التحامات الخاريط الناقصة على صورة سطوح محكمة الوضع لبقى البناء على حالته ويؤخذ من علم الهندسة فى هذا المعنى ما يستعمل من الوسائل فى الصور السهلة والصعبة

فاذا اردنا ان نرسم مع الضبط التام اضلاع حجر العقد المنحنية وهى $\overline{اب}$ و $\overline{بث}$ و $\overline{ثد}$ و $\overline{دا}$ و $\overline{اـ}$ و $\overline{ـث}$ و $\overline{ثد}$ و $\overline{دا}$ (شكل ٣) امكن لنا ان نحدد لاجل كل وجه من وجوه الالتحام سطحا منتشرا مارا دفعة واحدة بخطى $\overline{اب}$ و $\overline{اـ}$ وسطحا آخر مارا بخطى $\overline{بث}$ و $\overline{ـث}$ وسطحا ثالثا مارا بخطى $\overline{ثد}$ و $\overline{ثد}$ وسطحا رابعا مارا بخطى $\overline{دا}$ و $\overline{دا}$ فاذا اجرينا ذلك فى احجار العقد المتجاورة تحققنا ان الاوجه المتماسة تنطبق على بعضها انطباقا كليا ومتى علمنا شكلى $\overline{اب}$ و $\overline{اـ}$ و $\overline{بث}$ و $\overline{ـث}$ ومواضعهما سهل علينا استعمال الطريقة المذكورة (شكل ٢) فى تحديد كل سطح منتشر

واذا اراد الصنائعية ستر مسطح كبير بصفائح رفيعة لينة المادة فانهم يثنون هذه الصفائح على شكل سطوح منتشرة وكيفية العمل هكذا

وهو انهم يرسمون على المسطح المطلوب ستره (شكل ٤) خطوطا خشبية

مثل ا ب ث د ه و ا ث د ه و ا ث د ه و ا ث د ه

تكون بعيدة عن بعضها بمسافة مساوية لعرض الصفائح التى يستعملونها

ثم يشرعون فى ثنى هذه الصفائح بحيث تمر بحيطى ا ب ث د ه

و ا ث د ه ثم بحيطى ا ث د ه و ا ث د ه وهلم جرا

ويضعونها عقب بعضها بمعنى انهم يجمعونها ببعضها بالالتحام او يطبقون اطرافها على بعضها بطريقة ثابتة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة فى غطاء القبب والقبوات)

قد غطيت القبوات الفاخرة التى فى سوق القمح بمدينة باريس بصفائح من النحاس على موجب الطريقة السابقة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة فى تبطين السفن)

قد يغطى مهندسو السفن الجزء الاسفل منها المسمى بالقارين كما تقدم على حسب الطريقة السابقة بصفائح من النحاس كما فى ا ب ث د ه ف (شكل ٧) وتكون اطراف هذه الصفائح مصلحة ومفصلة على صورة خط مستقيم مع ان اصلاحها فى الغالب انما يكون على صورة خط لا يتحد مع المحيط اتحادا كليا غير ان الغطاء الذى ليس مساويا لجميع الزوايا ولا مستقيما على سائر الاضلاع يحدث عنه كيفية واحدة كما اذا قطعنا صفائح النحاس وجعلناها على صورة محيط موافق لكمال تعديلها عند فرضنا انها ملتحمة ومتلاصقة ببعضها

وهذه الطريقة المستحسنة عند مهندسى السفن مستعملة مع غاية النجاح والفائدة وذلك لان سطح القارين عظيم جدا بالنسبة لامتداد كل صفيحة تستعمل فى التبطين ولان النحاس المستعمل فى هذه العملية يمتد جزؤه المتوسط قليلا حتى يكون متجها فى كل نقطة على حسب اتجاهى انحناء القارين ويزيد ذلك وضوحا عند بيان انحناءى السطوح من حيث هى

ثم

ثم ان صانع المقوى الذى يصنع عدة سطوح مختلفة بواسطة الفرخ من الورق اومن المقوى ملصوقا احدها على الآخر بواسطة الغراو مجاورا بعضها لبعض يحدث جملة من السطوح المنتشرة كثيرة التنوع فى شكلها وتناسب وضعها .

واذا اراد صانع العربات ان يصنع عربة وضع قطع الحديد والخشب التى يتكون منها المحيطات التى على شكل الزاوية من العربة واوضاع الابواب والشبابيك ونحو ذلك وينبغى له ان يسد المسافات التى تعينها تلك الاوضاع والمحيطات الاصلية ويصنع ذلك بواسطة الواح من الخشب الرقيق اللين الذى يثنيه على صورة سطوح منتشرة تمر بمحيطات مفروضة فيحتاج الآن الى معرفة حل المسئلة التى فى شكلى ٢ و ٣ ثم ان كلا من النحاس وصانع المداخن والسمكرى محتاج لمعرفة حل المسئلة المذكورة فانه فى صناعة المداخن وكثير من القدور المستعملة فى المعامل مثلا ينبغى فى الغالب لاجل تصليح اعلا تلك المداخن والقدور بواسطة الانبوبة ان يرسم سطح منتشر يمر دفعة واحدة بقاعدة ا ب ث د السفلى (شكل ٥) ايا ما كانت صورتها وبقاعدة ا ب ث د العليا ذات الشكل المستدير كالانبوبة فيجب حينئذ ان يعرف حق المعرفة المحيط الذى يلزم جعله لصفيحة الحديد او لجملة من الصفائح المعدنية المستوية التى يحدث منها عند ثنيها على وجه مناسب سطح منتشر يمر دفعة واحدة بقاعدتى ا ب ث د و ا ب ث د وسنتكلم على هذه المسئلة فى الدرس الرابع عشر الذى يتعلق بالمماسات

وقد استحسن تغطية السطوح بجلب طويلة منتشرة فهى اولى من تغطيتها بصفائح صغيرة منتشرة كما فى (شكل ٤)

واذا لبس العساكر دروعهم رأيت معظم القطع التى تستر اجسامهم واعضاءهم على شكل سطوح منتشرة وهى فى الغالب عدة جلب مخروطية اواسطوانية مصنوعة بالسهولة بواسطة صفائح معدنية ذات انحناء واحد

وليس هنا لذمن القطع ما ينبغى ان يكون ذا انحنائين كالخوذة مثلا الا مقدار قليل حيث يستعمل فى ذلك سطوح منتشرة كالبيضة المتخذة من الحديد

وقد يظهر من عمارة السفن عملية مستحسنة فى شأن السطوح المنتشرة المنتظمة بواسطة الجلب

وحاصلها ان السفينة اذا كانت مضلعة فانها تكون على صورة سلسلة م ن و ح ح (شكل ٦) المركبة من قطع خشب مزدوجة وهذه المزدوجات وهى ١ و ٢ و ٣ التى ترتفع فى مستويات منتصبة يكون بينها مسافات خالية (س ص ز وشكل ٨ يدل على الارتفاع اى انتصاب المزدوج المنتصف اى الذى فى الوسط) ولاجل تميم القارين المرسوم بهذه الكيفية نأخذ الواحا معتدلة معلومة السمك ويكون محيطها مصلحا على وجه مناسب ونضعها بالتطبيق على وجه المزدوجات الخارجى ثم نثنيها مع السهولة ليحدث عنها سطوح منتشرة تسمى بالجوانب لكونها تغطى سطح السفينة وتكتنفه وتنطبق عليه انطباقا تاما بحيث تكون الاضلاع على الاضلاع والاطراف على الاطراف وقد يؤخذ من علم الهندسة طريقة عظيمة دقيقة فى اصلاح هذه القطع

وذلك انه اذا وضعنا الجوانب من مبدء القاعدة الى ا ب ث د واردنا ان نضع الجانب الاعلا المنحصر بين خطى ا ب ث د و ا ب ث ى فاننا نمد من نقطتى س و ص الموضوعتين وضعا مناسبا بين ا ب ث د و ا ب ث ى خيطا ينطبق على المزدوجات فاذا فرضنا ان المحيط المراد عمله يكون محكم العمل والوضع وان الخيط المذكور يكون موضوعا بالكلية على سطح الجانب المنطبق على اضلاع السفينة فاننا ننشر هذا الجانب اى نجعله منتصبا قائما والخيط الذى يبين على سطح القارين الخط الاصغر الكائن بين نقطتى س و ص يستمر دائما على ان يبين الخط الاصغر الذى يمكن رسمه بين هاتين النقطتين على السطح

المنتشر

المنتشر اعنى على المستوى حيث ان الخط الاصغر الذى يمكن رسمه على المستوى هو الخط المستقيم فاذن يكون س ص خطا مستقيما (شكل ٦ مكرر) مادام على الجانب يحفظ وضعه الذى يجعله اقصر خط بين نقطتى س و ص اى على القارين

فاذا وضعنا ذلك الخيط على القارين عينا على طوله نقط ١ و ٢ و ٣ الخ وبهذه النقط العمودية على اتجاه الخيط تمر بعيدان من الخشب متجهة اتجاها عموديا على اتجاه الخيط المتقدم فتصل هذه العيدان من احد طرفيها بمحيط ا ب ث د ه الخ ومن الطرف الآخر بمحيط ا ب ث د ه الخ اللذين ينبغى ان ينطبق بينهما الجانب الجديد انطباقا تاما

فنقيم حينئذ خيط س ص ثم نشده على لوح ع ش ك ل (شكل ٦ مكرر) بحيث تكون عيدان ١١َ و ٢٢َ و ٣٣َ و ٤٤َ الخ الصغيرة عمودية على الخيط المذكور ونرسم عدة اشكال مضلعة مثل اشكال ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ١َ و ٢َ و ٣َ و ٤َ الخ التى يتكون منها خطان منحنيان مستطيلان فتدل هذه الاشكال دلالة صحيحة على الجزء الاسفل والاعلا من المحيط الطولى من الجانب

ولا يكفى معرفة هذه المحيطات فقط بل يجب ايضا ان نعرف فى كل نقطة من نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ١َ و ٢َ و ٣َ و ٤َ الخ الزاوية التى تحدث عن الجانب المراد وضعه والقارين ليكون وجه الالتحام منطبقا انطباقا تاما على التحام الجانب المتصل ويجرى ذلك بواسطة اتجاه احد ضلعى المسطرة المثلثية المتحركة على حسب اتجاه اى عود كان واتجاه الضلع الآخر على حسب وجه التحام الجانب الموضوع قبل ذلك توجها عموديا على ضلع هذا الجانب المتصل بالقارين واذا قطعنا لوح ع ش ك ل بيلطة اوقادوم لم يبق علينا الا نقل تلك الزوايا الى نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤

الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ على وجه التقابل والتناظر
ولاجل اجتناب الخلل عند رسم النجار بواسطة مسطرته المثلثية المتحركة
الزاوية التي تحدث في نقط ١َ و ٢َ و ٣َ و ٤َ الخ عن الجانب الجديد
والجانب الملتصق الموضوع قبل ذلك يضع ضلع المسطرة المثلثية المتحركة
وهو ط ضـ على طرف لوح ن ح (شكل ٦ ثالث) ثم يرسم
خطا مستقيما على طول الضلع الآخر وهو ضـ د ومتى كانت الخطوط
كلها موضوعة مع الانتظام الموجود في وضع عيدان ١ و ٢ و ٣
و ٤ الخ التي تقابل نقط ١َ و ٢َ و ٣َ و ٤َ الخ سهل على النجار
معرفة الثقب الذي يلزم جعله لكل نقطة من نقط ١َ و ٢َ و ٣َ و ٤َ الخ
لاجل رسم الضلع الصغير من الجانب على حسب ما يناسب الاوجه الكبيرة
من الميل
ومما ينبغي التنبيه عليه ان الطريقة المذكورة التي يكون بها السطح القارين
شكل مخصوص يمكن اجراؤها في عمارة السفن بل وفي كل نوع من العمارات
المدنية والعسكرية وهذا من اعظم الطرق اللطيفة والفوائد العظيمة الطريقة
التي تنتج عن تطبيق الهندسة على الفنون ومن اجل الخواص التي تظهرها
الهندسة في السطوح

(بيان الانموذجات والارانيك المنتشرة)

اذا اريد ان يصنع في الفنون سطوح منحنية منتهية ببعض خطوط فاننا نقسم
هذه السطوح الى اجزاء يمكن اعتبارها كالسطوح المنتشرة تقريبا ونأخذ
صورتها بواسطة الانموذجات والارانيك المتخذة من الورق والمقوى التي يحدث
عنها سطوح حقيقية منتشرة مع وجود انحنائها الطبيعي بدون تمزق وانطواء
وهذه هي الارانيك التي يستعملها الخياطون ونحوهم في تفصيل ملابس
الرجال والنساء

(بيان اجراء العملية في تفصيل اقمشة الملبوسات)

الغرض من تطبيق الهندسة تطبيقا مفيدا هو انتظام تفصيل عدة اجزاء
متنوعة

متنوعة من الملابس بحيث لا يضيع به الاقطع صغيرة من القماش المطلوب تفصيله ومع عدم استعمال المسطرة والبيكار في هذه العملية ينبغي ان يعتقد ان مهارة الخياط ونحوه تقوم مقام ذلك في هذه العملية الهندسية الدقيقة التي تستدعي في آن واحد امعان النظر ومزيد التأمل وكثرة التجربة في معرفة تفاوت الاجسام البشرية وما يناسبها من اشكال السطوح المنتشرة الصالحة لصناعة الملبوسات

واذا قطع النظر عن التوفير في الملبوسات واريد جعلها مناسبة لما تقتضيه العادة او قصد بها المباهاة والتفاخر فان لذلك اصولا تتعلق بقواعد هندسية واصول ميكانيكية في صور كثيرة

وينبغي ان تستحضر في شأن الملابس ما اسلفناه من الملحوظات المتعلقة بالجوخ والبسط بالنظر الى سطوحها المنتشرة القابلة للامتداد والانكماش في عدة اجزاء وهذا هو منشأ لينها ومرونتها ولما كان لهذه الاقمشة خاصية ملايمة للاجسام البشرية الحقيقية او المفروضة كانت صالحة لاستعمالها وتعوّد الناس عليها وهي الاقمشة المستحسنة عن غيرها في اللبس كما يقوله صناعية هذا الفن

فاذا كانت الاقمشة المذكورة جامعة بين المرونة واللين والخفة امكن نشرها وطيها طيات عديدة بوجوه متنوعة وتكون قابلة لجميع ما يستحسنه الذوق السليم من ذلك فان الاقمشة اللينة الرفيعة اذا لبست وحصل لها ادنى مس وضغط تتأثر بذلك وتكون طوع يد الماس او الضاغط ويصير منظرها في رأى العين مضطربا لا يستقر على حالة واحدة وربما تذكر به الانسان لطائف الحياة وعدم ثباتها وقرارها بخلاف ما اذا لم تجمع الاقمشة بين الصفات السابقة فانها تبقى على شدتها وصلابتها وما ذكرناه من تأثير الاقمشة اللينة واضطراب منظرها كان يوجد في الاقمشة التي كان يستعملها قدماء الصناعية انموذجا في صناعة الجوخ الظريف الذي كانوا يسترون به بعض اصنامهم ويوجد ايضا في انواع الشاش والكشمير الموجود الآن

ولاجل ان يكون ملبوس الانسان تاما على ما ينبغى يلزم ان تكون سطوحه على
وجه بحيث يتأتى للانسان معها حركة جسمه واعضائه كيف شاء مع السهولة
وهذا يستدعى ان يكون فى الثياب نوع اتساع وخفة وان يكون تفصيلها ملايما
للاعضاء غير انه لما جرت العادة بان الوقار والعظمة والمقام مما يتوقف على
التأنى وبطئ الحركة لزم ان تكون ملابس اصحاب هذه الصفات ملايمة لحركاتهم
حتى تظهر منافعهم وتعرف وظائفهم فعلى هذا يلزم ان تكون برانس البابات
وثياب ارباب المشورة وعباآت الملوك مفصلة تفصيلا متسعا من اقمشة
قليلة اللين ليحدث عنها سطوح منتشرة تطوى طيات عريضة لا تتأثر
بالهواء

واما برانس العساكر والثياب الخفيفة التى يلبسها الراقصون فى الالعاب وكذا
ما يلبس فى محال الرقص فانها تكون بخلاف ذلك بحيث يكون تفصيلها ضيقا
على قدر الامكان ثم ان الملبوسات التى تستعمل لمجرد الزينة ينبغى ان تتخذ من
الاقمشة اللينة الخفيفة التى تضطرب كالامواج لتكون بها الاجسام وحركاتها
المختلفة على غاية من اللطافة والظرافة وتظهر بها الهيئة على حقيقتها

وعلى ذلك ينبغى ان يكون كل من انتخاب الاقمشة وتفصيل الملابس جاريا على
حسب ما يتعلق بعمليات الفنون المستظرفة من الاعتبارات والملاحظات التى
لها دخل فى تنظيم الجمعية وتحسينها بخلاف ما اذا نظرنا لراحة الانسان
فى اللبس وسعة الملبوس وصحة اللابس فان كلا من الانتخاب والتفصيل
المذكورين يكون على حسب ما يتعلق بالجمعية من المصالح الحقيقية
واما اذا نظر الى الصناعة فان الميكانيكة والهندسة هما اللذان يعرف بهما
مقادير الصور واوصافها وكذلك وسائل الصناعة والتفصيل والتزيين الذى
هو اتم ملايمة من غيره لان يستخرج بواسطة انحناء السطوح المستوية اصالة
واجتماعها الاشكال المتنوعة الظريفة التى تكون فى الملابس والجوخ عند
امة تقدمت عندها الفنون المستظرفة تقدما كليا

والنرجع الى ما كنا بصدده فى شأن السطوح المنتشرة ونذكر عمليات جديدة

مهمة كالعمليات المتقدمة بعد ان نتكلم على قواعد تقاطع لسطوح والمماسات وينبغى ان نتكلم الآن على السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء فنقول

(بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء)

السطوح المعوجة هى الحادثة من خطوط مستقيمة متتالية لا ينشأ عنها اوجه صغيرة مستوية

ولاجل تصور الاوجه الصغيرة المعوجة تخيل سلما فى شكلى ٩ و ١٠ يكون ضلعاه غير موضوعين على مستو واحد ثم نضع هذا السلم على الارض بحيث يكون اضلاعه استقامة افقية وان لم يكونا فى مستو واحد منتصب وبواسطة شكل ٩ يظهر مسقطه المنتصب وبشكل ١٠ يتبين مسقطه الافقى وذلك ان ضلعى اب و ثد (شكل ٩) يتقاطعان فى نقطة واحدة مثل ٤ و ٤َ فاذا حددنا خطا منتصبا من النقطة المذكورة فانه يمر كما فى (شكل ١٠) بنقطة ٤ على ثد وبنقطة ٤َ على اب ولنبدأ الآن من نقطتى ٤ و ٤َ بقسمه مسندى اب و ثد المذكورين الى اجزاء متساوية بنقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ و اَ و ٢َ و ٣َ و ٤َ الخ ثم نمد خطوط ١١َ و ٢٢َ و ٣٣َ و ٤٤َ و ٥٥َ الخ فيحدث معنا سلم معوج

ثم ان اجنحة طواحين الهوا من قبيل السلالم المركبة من اضلاع مستطيلة متباعدة عن بعضها ومن اخشاب عمودية على احد هذه الاضلاع

وكذلك سلم الصوارى (المسمى بالبوافنكو) فهو من قبيل السلالم المعوجة غير انه ينقص عنها ضلعا واحدا

ويمكن ان يعتبر ان هذه السطوح المعوجة مركبة من اوجه معوجة ضيقة جدا مشابهة للسلم الذى اسلفنا الكلام عليه ويطلق على الاضلاع التى تبين

هذه الاوجه الصغيرة اسم الاضلاع المشتركة

(بيان اجزاء العملية فى عمارة السفن)

لاجل تطبيق قارين السفن نصنع سطوحا منتشرة من الواح اى كتل مستوية كما بيناذلك (شكل ٦) ولاجل صناعة بعض اجزاء من السفينة منحنية كالاجزاء التى عند مقدمها ومؤخرها لايمكن ان نستخرج من الالواح العريضة جدا الاجوانب قصيرة جدا اذا كان المطلوب بقاء رسمها الملايم لبعض السطوح المنتشرة على وجه الصحة والضبط واذا تأملت صورة الجانب المبينة فى (شكل ١٢) علمت انه يضيع فى عمله كثير من الاخشاب حتى يستخرج من الشكل المستطيل رسمه المنحنى المرموز اليه بهذه الارقام وهى ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ و ١َ و ٢َ و ٣َ و ٤َ و ٥َ و ٦َ و ٧َ الخ فاذا فرضنا الآن ان الخيط ا ب ث د هـ ف غ انحنا خفيفا ومنتظما (شكل ١١) تحصل معنا حينئذ صورة يمكن وضعها بتمامها على جانب يكون اقل فى العرض من صورة شكل ١٢ الا انه اذا اريد طى جانب متصل كما فى (شكل ١١) فانه لايملاء على وجه الضبط المحل الذى عين له على قارين السفينة فينبغى اذن بواسطة طرق ميكانيكية أن نجعل هذا الوضع بحيث يملاء المحل المذكور وبهذه العملية يكاد السطح المنتشر يكون معوجا تاما

وفى اجزاء السفينة التى يكون فيها انحناء القارين جسيما لا يمكن أن نستعمل جوانب مثنية بدون ان تفسد بنفس هذا الانحناء

(بيان عمل الاخشاب المنحنية)

اذا اريد صناعة قطعة من الخشب عظيمة الانحناء وتطبيقها اسفل محيط ا ب ث (شكل ١٣) على مضلع لسفينة فاننا نأخذ مسطرة ثابتة على صورة خط مستقيم مثل ٥ د ونرسم بواسطتها مستويا يبين على مضلع السفينة نقط م و ش و هـ الثلاثة التى هى من ا ب ث

ونمد من تلك النقط المذكورة خطوط م ١ و ۞ ٢ و ٣ الخ المستقيمة اعمدة على ٥د ثم تقيس طولها وبعد تمام ذلك ناخذ المسطرة المثلثية المتحركة ونضع ضلعها الاول على استقامة م ١ والضلع الثاني على امتداد سطح القارين فيصير الضلعان المذكوران في مستو عمودي على ٥د م ۞ و وتجرى هذه العملية ايضا في النقطتين الاخريين وهما ۞ و ص من منحنى م ۞ و الخ فيحدث من اوضاع الضلع الثاني من المسطرة المثلثية المتحركة سطح معوج يكون وجها داخليا للخشبة المطلوب عملها ويصنع وجهها الخارجي ايضا بعمل سطح ثان معوج تكون المسافة بينه وبين السطح الاول واحدة من سائر الجهات ليكون سمك الخشبة واحدا واما الوجه الضيق الذي ينبغي وضعه على ا ب ث فان عمله يكون ايضا بواسطة المسطرة المثلثية المتحركة فيشاهد اذن زاوية حادثة من الضلع الثاني الموضوع بالتوالي في م و ۞ و على سطح القارين ومن وجه التمام جانب ا ب ث المفروض من قبل ذلك وبعد تمام هذا العمل لا يبقى علينا الا نقل هذه القطع في المحال التي تناسبها

واذا اريد صناعة سفينة فاننا نبتدئ كما تقدم بعمل قطع مزدوجة من الخشب بان نعشقها مثنى ونضعها على صورة مستويات منتصبة متوازية كما في (شكل ١٤) ثم نلصق هذه القطع المزدوجة في آن واحد بواسطة قطع من الخشب متينة تسمى بالزنانير تكون متجهة على امتداد ضلعي القارين او حافتيه وتكون المنحنيات التي تعقبها مستوية ومرسومة قبل ذلك في محل الارانيك او القوالب واما اجزاء السفينة التي يكون انحناؤها قليلا بالنظر الى الطول فانه يكفي ان تصنع من مناشير مستطيلة مربعة الزوايا تربيعا مناسبا ثم تثنى هذه المناشير بحيث تتلاقى في النقط المعينة على محيط المزدوجات المختلفة فاذا كان الجزء الاصغر من القارين الذي فيه وجه الزنار الذي ينطبق على القارين سطحا منتشرا على شكل منطقة قائمة فان

الزنار بسهولة ثنيه على هذا القارين عرضا وطولا واذا كان الجزء الاصغر من
هذا القارين المغطى بوجه الزنار الذى ينبغى أن يكون متحدا معه سطحا معوجا
لم يحصل بينهما الاتحاد التام فيجب مزيد الاعتناء وبذل الهمة الكلية فى تطبيق
الزنار مع الدقة على مضلع السفينة تطبيقا صحيحا بشرط ان يكون هذا التطبيق
بموجب المحيط الذى فرضه المهندس فى رسم السفينة
ولا يمكن استعمال هذه الطريقة فى الاجزاء المنحنية من القارين بل يجبر
الانسان على مراجعة الطريقة الآتية

وهى اذا كان ا ب ث (شكل ١٤) جزأ من مستوى الزنار
فاننا نعين هذا المستوى بخيطين يمر احدهما بالقارين على امتداد
ا ب ث والآخر وهو د ه يصير خارج القارين ببعد مناسب ثم نقيس
بالمسطرة المثلثية المتحركة الزاوية الحادثة من هذا المستوى وسطح القارين
فى كل من نقط ا و ب و ث على المزدوجات المختلفة
وبعد أن نضع قالب منحنى ا ب ث على قطعة الخشب (شكل ١٥)
التى يفصل منها الزنار نرسم ا ب ث ونقطع القطعة المذكورة بان
نصنع أمام كل من نقط ا و ب و ث الخ حزوزا تدخل فيها المسطرة
المثلثية المتحركة فتبين الزوايا المرتفعة على السفينة مع الضبط والكمال
ثم نجعل الخشب بين الحزوز بحيث يحدث سطح منتشر اومعوج ونعين
فى داخل هذا السطح نقط ا و ب و ث المتساوية البعد من
ا ب ث ثم نعين كذلك نقط ا و ب و ث المتباعدة من ا ب ث
بقدر عرض الزنار فيحصل بهذه الطريقة اولا وجه ا ب ث ث ب ا المنطبق
على المزدوجات ثم نقطع الوجه الاعلا والاسفل بكيفية عمودية على وجه
ا ب ث ث ب ا ونجعل لهذين الوجهين عرضا لا يتغير من سائر الجهات
ثم نقطع الوجه الرابع عموديا على الوجه الثانى والثالث ثم ان عمل هذه القطعة

وكذلك

وكذلك كيفية شغل العيدان التى سبق ذكرها يكون على غاية من السهولة اذا كان اجراؤه على منوال نموذج فى المدن التى على شاطئ البحر بخلاف غيرها من المدن التى ليست كذلك فانه يمكن التساهل فى ذلك عند تعسر توضيحه

وقد يستعمل فى العمارات المدنية السطوح المعوجة لاجل قطع احجار عقد بعض القبوات والسلالم

ومن المعلوم ان درج السلالم ينبغى ان تكون مستوية وافقية فى الجزء الذى يستقر عليه قدم الانسان الصاعد او الهابط ويكون محيطها مرسوما بواسطة ا ب ث ف ه و د ه ف ع ش الخ كما فى (شكل ١٦) الذى يشاهد فيه التحامات ب ث و ه ف و ع ش الخ التى بواسطتها تكون كل درجة مستندة على الدرجة التى تحتها ومسندة للدرجة التى فوقها وفى السلالم المتوازية الدرج تكون التحامات ب ث و ه ف و ع ش الخ موازية لبعضها ومستوية وتكون صورتها كالاشكال المتوازية الاضلاع

ولكن اذا كان اتجاه السلم منحنيا بحيث يطلق عليه اسم الدوران كانت مسئلة الدرج من المشكلات التى يصعب حلها حيث يشاهد من مبدء الامر (شكل ١٧) ان عرض الدرج مختلف فى كل نقطة من نقطه وذلك لانها تكون ضيقة جدا من جهة و التى هى عقدة السلم وتتسع فى العرض كلما برزت وبناء على ذلك يكون انحدار السلم المقاس بخط ع ف ث (شكل ١٢) الاسفل مستحسنا كلما كان بعيدا عن محور السلم فاذن يدنو التحام الدرج وهو ه ف العمودى دائما على ع ف ث من المنتصب عندما يقرب من ظاهر السلم ويدنو من الافقى عندما يقرب من عقدة السلم ثم ان توالى اعمدة ه ف على الضلع الداخل وهو ه يتولد عنه رسم

سلم معوج مشابه للسلم الذى فى شكلى ٩ و ١٠ فاذن يكون التحام الدرجتين المتواليتين وهو ٥ ف سطحا معوجا فاذا قطعنا جميع الاوجه المستوية من الدرجة بموجب القواعد الهندسية السهلة لم يبق علينا الا رسم وجه الالتحام وهو ٥ ف

ولاجل ذلك نقسم طول كل درجة الى اجزاء متساوية ثم نمد من نقط القسمة التى هى ١ و ٢ و ٣ الخ المعينة على الضلع الداخل وهو و ٥ (شكل ١٧) مستقيمات ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ الخ اعمدة على هذا الضلع ومتصلة بالضلع الداخلى وهو و ب بدون واسطة

ويتبين لنا من (شكل ١٨) ارتفاع درجة و ٥ ب العمودية على و ٥ ومن ثم تكون ٥ ١ و ٥ ٢ و ٥ ٣ الخ دالة على ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ من (شكل ١٧)

واذا مددنا فى (شكل ١٨) ٥ ١ و ٥ ٢ و ٥ ٣ الخ عمودية على ٥ ١ و ٥ ٢ و ٥ ٣ الخ فان هذه الخطوط ترسم اتجاه وجه التحام الدرجتين اللتين فى و ٥ بالنظر للنقط المتقابلة وهى ١ و ٢ و ٣ الخ فيكفى اذن أن نرسم بواسطة المسطرة المثلثية المتحركة زوايا ١٥ ١ و ١٥ ٢ و ١٥ ٣ كى يوجد فى كل من نقط ١ و ٢ و ٣ انحناء وجه التحام ٥ ف (شكل ١٦) من الدرج المتجاور

وتصير هذه العمليات واضحة وضوحا تاما اذا بينها المعلمون بموجب ارانيك من الخشب او الجص

ثم ان السلالم المعتبرة كالسطح المتصل ولو من جهة سطحها الاسفل تكون من قبيل السطوح الحلزونية التى لها منفعة عظيمة فى الفنون (راجع الدرس الثانى عشر)

(الدرس الحادى عشر)

(في بيان سطوح الدوران)

حيث فرغنا من الكلام على السطوح المستوية وجب أن نشرع في ذكر سطوح الدوران فنقول انها سهلة التركيب وتستعمل كثيرا في الفنون وخواصها تستعمل دائما في علم الميكانيكة وتحدثها الظواهر الطبيعية نصب اعيننا على الدوام

فاذا فرضنا خطا منحنيا مثل ا ب ث (شكل ١) وادرناه حول محور ا ث فان السطح المتولد منه يسمى سطح الدوران ويطلق على الحركة التي تؤثر في الخط المنحني اسم الحركة المستديرة او حركة الدوران وبالجملة فمتى كانت تلك الحركة تامة بان كان مقدارها ٣٦٠ درجة فانها تسمى دورا

ثم ان كلا من نقط ب و بَ و بً الخ يرسم في هذه الحركة دائرة وتكون جميع مستويات هذه الدوائر وهي ب ب و بَ بَ و بً بً الخ متوازية وعمودية على محور ا ث الذي عليه مراكزها وهي و و وَ و وً الخ وقد تقدم لنا ذكر هذه الخواص المختلفة في الدرس السادس

وليس بلازم ان يكون منحني ا ب بَ ث مستويا حتى يحدث عنه سطح دوران عند ادارته حول ا ث وذلك انه اذا مد من جميع نقط الخط المنحني وهي ب و بَ و بً الخ عمود ب و و بَ وَ و بً وً على محور ا ث فان طول هذه الاعمدة وبعدها لا يختلفان اذا كان مدها في مستو واحد ويحدث عن نهاياتها وهي ب و بَ و بً الخ منحن مستو يرسم عند ادارته حول المحور سطح دوران من جنس ذلك المنحني

وهـذا المنحنى المستوى الذى يحدث بادارته حول محور اَ بَ سطح الدوران يسمى دائرة نصف نهار هذا السطح ومن هنا سميت دوائر بَ بَ و بَ بَ و بَ بَ الخ التى سطوحها عمودية على المحور وموازية لبعضها دوائر متوازية او متوازيات فقط

وبقدر ما يمكن رسمه من الاشكال المتنوعة بواسطة خطوط مستقيمة اودوائر او منحنيات اخر وباجتماع هذه الخطوط يمكن ان تصنع عدة اجناس مختلفة من سطوح الدوران يظهر منها تنوعات متميزة تميزا تاما على حسب وضع المحور بالنسبة لخط التولد

ولنبين على التوالى سطوح الدوران السهلة المهمة فى الصناعة فنقول

(بيان سطوح الدوران المتولدة)
(من حركة خط مستقيم)

اذا كان خط التولد عمودا على المحور فانه يرسم عند ادارته حول المحور المذكور مستويا وقد بينا فى الدرس السادس الطرق المتنوعة التى تحدثها هذه الخاصية فى الفنون لاجل صناعة سطوح مستوية

واذا كان خط التولد المذكور موازيا للمحور وَ وَ (شكل ٢) فانه يرسم اسطوانة مستديرة وهى التى سبق ذكرها وخاصيتها وتطبيقها على الصناعة فى الدرس الثامن

واذا كان الخط المذكور مارا بنقطة من محور وَ وَ (شكل ٣) ومائلا بالنسبة لهذا المحور فانه يرسم مخروطا مستديرا قد ذكرنا خاصته وتطبيقه على الصناعة فى الدرس التاسع

واذا لم يكن ذلك الخط موازيا للمحور وكان بالنسبة لهذا المحور كضلع من سلم معوج موضوع بجهة الضلع الآخر فان الخط المذكور يرسم سطح دوران (شكل ٤) يكون انحناآه مختلفى الاتجاه

واذا لم يمر خط اَ بَ المستقيم بمحور وَ وَ امكن ان نفرض خطا ثانيا مثل اَ بَ موضوعا بالتماثل لمستوى وَ وَ المار بهذا المحور ويتقاطع

المستقيمان بالضرورة في نقطة ح الموضوعة على مستوى التماثل واذا ادرنا مستقيمي اب و اء بحركة متساوية حول المحور ليقربا اويبعدا مع التساوي عن مستوى و و فان ذلك المستوى يكون دائما مستوى تماثلهما ويتقاطعان دائما في نقطة واحدة موضوعة على المستوى المذكور وندير حول المحور مستوى التماثل وخطى اب و اء المستقيمين فاذا كان الخطان المستقيمان منتظمين بحيث يتقاطعان دائما على مستوى و و فانه يحدث عن نقط تقاطعهما خط منحن وهو دائرة نصف نهار سطح الدوران المتولد من مستقيمي اب و اء ويتولد ايضا من الخطين المستقيمين المذكورين عند ادارتهما حول د و السطح المذكور و شكل ٤ يبين حالتي المستقيمين اللذين يحدث عنهما هذا السطح ويعرف التلامذة هاتين الحالتين حق المعرفة اذا بين لهم المعلمون ذلك على ارنيك بدائرتين من المقوى متصلتين بمحور وبخيوط متساوية الميل في جهتين متقابلتين

(بيان المقراض)

قد صنع المعلم فري وهو من قدماء المهندسين مقراضا عظيما له نصلتان مستقيمتان احداهما ثابتة وهي اب (شكل ٤) والاخرى وهي اء دائرة حول محور و و وهي دائما مماسة في دورانها للاولى وتقطع ما بينهما من الاجسام

(بيان محلات الغزل)

هذه المحلات منها ما هو مصنوع من قضيبين مثل اب و اء دائرين حول محور و و وهذه المحلة اذا لف الغزل على وسطها لا يمكن سقوطه عنها واذا اردنا ان نخلع عنها مقدار ذراع من الغزل الملفوف على وسطها فاننا نقرب القضيبين من المحور بطريقة ميكانيكية سهلة

(بيان الكرة)

يكفي لعمل هذا السطح تدوير دائرة ام ب ن (شكل ٥) حول قطر من اقطارها مثل اب وحيث ان جميع نقط محيط دائرة نصف النهار التي هي ام ب ن متساوية البعد من مركز و فكذلك تكون على بعد واحد من هذه النقطة التي هي المركز اذا ادرنا تلك الدائرة حول محور او ب فاذن تكون جميع نقط سطح الكرة على بعد واحد من مركز و الذي هو مركز الكرة المذكورة

وكل نقطة موضوعة في مستوى دائرة نصف النهار وهي ام ب ن سوآء كانت في خارجها او داخلها تكون بالنسبة لمركز و اقرب او ابعد من نقط محيط ام ب ن فاذن تكون كل نقطة من الفراغ الموجود في مستوى دائرة نصف النهار بعيدة عن مركز الكرة اذا كانت في خارج الدائرة وقريبة منه اذا كانت في داخلها

وحينئذ تكون جميع نقط سطح الكرة على بعد واحد من المركز واما ماعداها من النقط فلا يكون على هذا البعد منه

واعلم ان كل مستو مار بمركز الكرة يقطعها في خط منحن تكون جميع نقطه على بعد واحد من المركز المذكور بمقدار يساوى نصف قطر الكرة ويكون هذا المنحنى دائرة فاذا ادرنا هذه الدوائر المختلفة على كل واحد من اقطارها حدثت اكر متحدة المركز ونصف القطر فاذن تكون كلها بمنزلة كرة واحدة

وكل وتر مثل م ه من دائرة ام ب ن (شكل ٥) يكون اصغر من قطر م ن ويزداد صغره كلما بعد عن مركز الكرة لكن اذا دارت الدوائر حول محور او ب العمودى على وتر م ه فان نصف وتر وم يرسم مستويا وترسم نهايته محيطا يكون موضوعا بتمامه على الكرة المذكورة فاذن ينتج اولا ان كل قطع مثل م ه حادث عن مستو في الكرة يكون دائرة وثانيا ان الدوائر المرسومة على الكرة تكون اصغر من الدوائر التي يكون

مركزها في مركز الكرة ومن هنا سميت الدوائر الكبرى او العظمى من الكرة وثالثا ان الدوائر الصغرى تصغر بقدر بعد مركزها عن مركز الكرة

(بيان الطرق المستعملة في رسم الكرة)

يمكن ان نعين (شكل ٩) على محور الخرطة الذي هو ا ب الجسم المطلوب خرطه على صورة كرة ثم نعين على اى بعد من هذا المحور نصف دائرة ا ط ب التي قطرها ا ب = ا ب وموازله فاذا اخذنا آلة قاطعة تبرز بقدر ط م المساوى لما بين ا ب و ا ب من البعد ووجهناها بالتوازى على امتداد ا ط ب فان سنها الذي هو م يرسم دائرة نصف النهار التي هي ا م ب فاذن اذا وجهنا الخرطة فان هذه الدائرة ترسم كرة

ويمكن ايضا ان نضع هذه الآلة القاطعة بحيث يتزحلق ساقها وهو ط على طول دائرة ا ط ب التي مركزها هو عين مركز دائرة نصف النهار وتكون متجهة دائما نحو و التي هي مركز دائرتي ا م ب و ا ط ب فمن الواضح اذن ان كلا من ط م و ط م يدل على تفاضل انصاف اقطار الدائرتين المذكورتين حين يقطع ط دائرة ا ط ب وينبغي ان يكون دائما م مستقرا على دائرة نصف النهار وبذلك يمكث سن الآلة على سطح الكرة مع الثبات

ويمكن صناعة اكر بواسطة الصب وبذلك تصنع كالمدفع التي هي اكر ممتلئة ولاجل صناعة الجب والابوس التي هي اكر مجوفة ينبغي صناعة قالب تكون صورة اجزائه مخططة (شكل ٨) ودالة على كرتين احداهما ممتلئة مثل آ والاخرى مجوفة وهي ب ب ب وبين هاتين الكرتين نصب الجب والابوس فيرى من ذلك ان صحة العملية منوطة بصورتين احداهما ينبغي ان يكون لجزءي آ و ب ب ب شكل كروى تام الثانية ينبغي

ان يكون مركزاهما موضوعين فى نقطة واحدة ثم نصقل بواسطة المخرطة سطح السبك على وجه كروى

ولنمد فى دائرة ا م ب مَ (شكل ٩) وتر م مَ ونصف قطر و ا عمودا على هذا الوتر فاذا ادرنا شكل ا م و حول محور ا و ب تحصل معنا ثلاث حالات الاولى انه يتولد من قوس الدائرة الذى هو ا م طيلسان كروى الثانية انه يتولد عن قطعة الدائرة وهى م ا مَ قطعة كروية الثالثة انه يتولد عن قطاع الدائرة الذى هو و م ا مَ قطاع كروى

وينبغى ان نحل ما كثر استعماله من تلك المسائل فى الفنون فنقول ما سطح الطيلسان الكروى الذى هو م ا مَ (شكل ٩) وما سطح الكرة التامة وما حجم قطعة الكرة وقطاعها وما حجم الكرة التامة

ولاجل بيان سطح طيلسان م ا مَ (شكل ٩) نفرض اننا نبدل م ا مَ الذى هو قوس دائرة نصفنها والكرة بكثير الاضلاع الذى لانهاية لعدد اضلاعه مثل م ن و ن ح الخ ثم ندير هذا المضلع حول محور الطيلسان وهو ا و ب فيحدث عن كل جزء من الخط المستقيم وهو م ن و ن ح الخ مخروط ناقص يكون محوره ا و ب ويكون بين السطح الكلى لهذه المخاريط الناقصة وسطح طيلسان م ا مَ الكروى مخالفة قليلة بقدر ما يوجد من الاضلاع فى مضلع م ن ح ا حَ نَ مَ فحينئذ يكون سطح المخروط الناقص القائم الذى هو م مَ نَ ن مساويا لمجموع محيط القاعدتين مضروبا فى نصف ضلع م ن اعنى ان سطح المخروط الناقص الذى هو م مَ نَ ن = (محيط م مَ + محيط ن نَ) $\frac{1}{2}$ م ن

وان سطح المخروط الناقص الذى هو ن نَ حَ ح = (محيط ن نَ + محيط ح حَ) $\frac{1}{2}$ ن ح وهكذا

فاذا مددنا ن ش موازيا للمحور فان المثلث القائم الزاوية الذى هو

م ن ش

م ه ش يكون مشابها للمثلث القائم الزاوية الذى هو و ح غ الحادث
عن و ح العمودى على وتر م ه وعن ح غ العمودى على محور
ا و ثم على ه ش وعن و غ العمودى على م ش
فاذن يكون المثلثان متشابهين وينتج معنا هذا التناسب وهو ه ش
: ه م :: ح غ : ح و :: المحيط الذى نصف قطره ح غ او الذى
قطره ح ىَ الى المحيط الذى نصف قطره ح و او الذى قطره ا ب
وذلك اذا فرضنا ان عدد اضلاع المضلع كثيرة بحيث لا يوجد تفاضل ظاهر
بين و ح و و م = و ا الذى هو نصف قطر الكرة فينتج اذن ان
م ه × محيط ح ىَ = ه ش × محيط ا ب ولكن ح ىَ
= ½ (م مَ + ه هَ) فاذن ينتج ان م ه × ½ (محيط م مَ
+ محيط ه هَ) = ه ش × محيط ا ب
والحد الاول من تلك المساواة هو سطح المخروط الناقص الذى هو م مَ هَ ه
والحد الثانى هو محيط دائرة نصف النهار مضروبا فى ه ش الذى هو
ارتفاع المخروط الناقص
فاذن متى كان كثير الاضلاع الذى هو م ه ح الخ متكونا من عدة اضلاع
صغيرة جدا فان السطح المتولد منه يكون مساويا لمحيط دائرة خط نصف
الكرة مضروبا فى مجموع ارتفاعات ه ش و ح شَ الخ من المخاريط
الناقصة المتولدة من دوران اضلاع المضلع فاذن ينتج
اولا ان سطح الطيلسان الكروى وهو م ا مَ يكون مساويا لمحيط الدائرة
الكبرى مضروبا فى سهم الطيلسان وهو ا و
ثانيا ان سطح الكرة يكون مساويا لمحيط دائرتها الكبرى مضروبا فى قطر
هذه الدائرة
لكن حيث كان سطح دائرة ا م ب مَ الكبرى يساوى المحيط مضروبا
فى نصف نصف القطر اى ربعه كان سطح الكرة مساويا لسطح الدائرة
الكبرى او دائرة نصف النهار اربع مرات واذا علم انه لاجل تغطية دائرة

ا م ب مَ ا من جميع جهاتها (شكل ٩) يلزم مقدار ما او مسطح من الرسم او من صفائح النحاس او الحديد او الرصاص او غير ذلك و يستنتج منه انه يلزم مقدار يساوى اربعة امثال المقدار المذكور من ادوات الرسم او من الصفائح المعدنية لتغطية الكرة بتمامها التى دآئرة نصف نهارها هى الدآئرة المتقدمة وكذلك يغطى نصف الكرة التى قاعدتها الدآئرة المتقدمة بمقدار على النصف من المقدار السابق

(بيان مساحة حجم الكرة وقطوعها)

اذا اعتبرنا ان سطح الكرة مركب من اوجه صغيرة جدا كثيرة العدد امكن ان نعتبر ان كلا من هذه الاوجه مستو يكون قاعدة لهرم رأسه فى مركز الكرة فيكون مجموع هذه الاهرام هو عين حجم الكرة وحيث ان حجم كل هرم يساوى سطح قاعدته مضروبا فى ثلث ارتفاعه الذى هو هنا ثلث نصف القطر فان حجم الكرة التام يكون مساويا لمجموع الاوجه الصغيرة التى جعلت عوضا عن سطحها مضروبا فى ثلث نصف القطر وعلى ذلك يكون قياس حجم الكرة مساويا لسطحها مضروبا فى ثلث نصف قطرها او يساوى اربع مرات سطح دآئرتها الكبرى مضروبا فى ثلث نصف القطر

وسيأتى ان حجم قطاع الكرة وهو و م ا مَ و (شكل ٩) يكون مساويا لحاصل ضرب سطح طيلسان م ا مَ فى ثلث نصف قطر الكرة فاذا طرحنا من هذا الحاصل حجم مخروط م و مَ تحصل معنا حجم القطعة الكروية وهى م ا مَ $= \frac{1}{3}$ محيط ا م ب مَ × او × او $- \frac{1}{6}$ محيط م مَ × و و × م و

ثم ان الطريقة التى نستخرج بواسطتها الكرة تفيدنا فى شأن هذا السطح طريقة تركيب تستعمل بكثرة فى الفنون فاذا لزم تغطية قبة كروية بصفائح مستوية من المعادن او من اى مادة كانت نقسم تلك القبة بعدة مستويات متوازية الى مناطق او قطع مستديرة مثل م مَ ة ة و ة ةَ ح حَ الخ (شكل ٩) ونفرض انها مخروطية فتكون قابلة للانتشار وهاهى الطريقة

التى

التي يرسم بواسطتها المخروط الناقص الذي هو م مَ دَ د المنتشر وهي أن نمد م د و مَ دَ (شكل ٩) حتى يتلاقيا في نقطة ضـ التي هي رأس المخروط الذي مخروط م مَ دَ د جزء منه فاذا انشرنا هذا المخروط فجميع نقط كل قاعدة مثل م مَ و د دَ التي هي على بعد واحد من راس ضـ (شكل ٩) تنتشر على حسب قوسي الدائرة وهما م مَ و ن نَ (شكل ٩ مكرر) اللذان مركزهما واحد وهي نقطة ضَ

وينتج (شكل ٩ و ٩ مكرر) ان محيط م مَ = قوس م ك م ومحيط د دَ = قوس ن ل نَ واذا كان المطلوب معرفة مقدار زاوية م ضَ مَ نقول ان قوس م ك مَ يساوي المحيط الذي نصف قطره م و غير ان نسبة المحيط الى المحيط الذي نصف قطره ضَ م :: م و : ضَ م فاذن يكون المحيط الذي نصف قطره م و = م ك مَ = المحيط الذي نصف قطره ضَ م × م و / ضَ م

فحينئذ قوس مَ ك م هو كناية عن م و / ضَ م × ٣٦٠° من المحيط الذي نصف قطره ضَ م وتكفي عمليتا الضرب والقسمة في تحصيل عدد درجات زاوية م ضَ مَ وبذلك تحصل هي نفسها ومتى عرفنا هذا العدد فاننا نرسم مع ضَ م = ضـ م و ضَ ن = ضـ د التي هي انصاف اقطار قوسي م ك مَ و ن ل نَ (شكل ٩ مكرر) فيتحصل حينئذ منطقة م ك مَ نَ ل ن التي عند انثنائها الطبيعي الحاصل باتصال طرفي م ن و مَ نَ يحدث المخروط

الناقص الذى هو م مَ دَ د (شكل ٩)
وقد يصنع السمكرى اوصانع المقوى بواسطة صفائح من المعدن اومن المقوى مجزأة الى مناطق مستديرة ملتحمة اوملصوقة بالغراسطوحا تكون مغايرة للكرة على حسب ضيق مناطق تلك الكرة وكثرتها وينفعهما فى ذلك الطريقة السابقة غاية النفع ويستعملها فى الغالب البناؤن والنجارون
وبعد أن بينا طريقة صناعة السطح الكروى بجاريط لزم ان نبين طريقة صناعته باسطوانات فنقول
لنفرض اننا نمر من محور الكرة الذى هو ا و ب بعدة دوآئر مستوية من دوآئر انصاف النهار (شكل ١٠) بحيث تقسم الفراغ الموجود حول هذا المحور الى زوايا مستوية صغيرة جدا ونتصور زيادة على ذلك جملة مستويات عمودية على محور الكرة فتكون موازية لبعضها فتقطع اولا الكرة الى دوآئر متوازية وثانيا تقطع دوآئر انصاف النهار الى عدة نقط تكون على بعد واحد من بعضها فوق هذه الدوائر فتكون تلك النقط رؤسا للاشكال المضلعة المنتظمة المتشابهة التى اضلاعها المتقابلة متوازية فجميع الاضلاع المتوازية المتحدة الاتجاه يحدث عنها اسطوانة تمر اضلاعها دفعة واحدة بدآئرتى نصف النهار المتواليتين فينتج من ذلك عدة مناطق اسطوانية مشابهة من حيث سطحها لشقق قاوونة مضلعة وكلما كثرت اضلاع المناطق المذكورة قرب السطح الحادث عنها من سطح الكرة
(بيان اجرآء العملية)
قد يجمع على هذا المنوال بواسطة شقق اسطوانية لاجل صناعة اكرا وقطع كرة الحرير المصمغ والجلد والمقوى والحرير الخالص والورق والقز وما اشبه ذلك مما يستعمل فى صناعة القبب الهوائية والمثانات الصغيرة الممتلئة بالهوآء والاكر التى يلعب بها والاكر الارضية والسماوية المعدة لتعلم على الجغرافية والهيئة ومظلة المطر والشمس ووقاية النظر التى على هيئة تصف الكرة المستعملة لمنع ضرر ضوء المسارج وقد يكون اتجاه خطوط نصف النهار

في مظلات الشمس والمطروفي وقاية العين معينا بواسطة سلوك من الحديد
وانظر هنا صورة الشكل الآتي الذي يلزم ان يكون للشقق الاسطوانية التي
يحدث عن مجموعها سطح تكون التماماته او محيطه دوآئر انصاف نهار كرة
واحدة
وتكون فيه عروض م مَ = م مَ و ة ةَ = ن نَ الخ
(شكل ١٠) من احدى تلك الشقق مناسبة لنصفي القطر اللذين هما
و م و و ن من الدآئرتين المتوازيتين وذلك لان مثلثي و م مَ
و و ن نَ متشابهان فعلى هذا اذا كان و م و و ن هما نصفا
قطري الدآئرتين المتوازيتين المطابقتين لخطي م مَ و ة ةَ تحصل
معنا هذا التناسب وهو و م : و ن :: م مَ : ن نَ :: م مَ
: ة ةَ فاذن نعرف بغاية السهولة العروض التي تطابق النقط من كل شقة
وبذلك نعرف شكل هذه الشقق

(بيان اجزآء العملية في علمي الجغرافيا والهيئة)

اعلم ان خواص الكرة تستعمل في هذين العلمين استعمالا مفيدا
فقد يكون شكل الارض في الظاهر على صورة سطح دوران لا يغاير الكرة
الا قليلا
وقد مكث الناس قرونا عديدة حتى عرفوا ان الارض مستديرة من جميع
جهاتها وسميت كرة لان شكلها كروي ولم يعرف علما الهيئة ان الارض مسطحة
من جهة وبارزة من جهة اخرى عمودية الا بمعرفة خواص الهندسة
والميكانيكة التي ظهرت في آن واحد
وحيث رأى الجغرافيون ان سطح الارض كروي قسموا السطح المذكور
بهذه الكيفية
وهي انهم اطلقوا اسم المحور على الخط المستقيم الذي يتراءى لهم ان السماء
تدور حوله دورانا تاما في ظرف اربع وعشرين ساعة واطلقوا اسم قطبي
الارض على النقطتين اللتين يمر بهما المحور المذكور من سطح الارض وسموا

بسطوح دوائر انصاف النهار وكل مامر منها بهذين القطبين وجعلوا دوائر انصاف النهار الخطوط التي ترسمها هذه السطوح على سطح الارض وجعلوا المتوازيات جميع الدوائر المرسومة على سطح الارض المذكورة بواسطة مستويات متوازية وعمودية على الارض

فاذا اعتبرنا ان الارض سطح دوران كان كل متوازيين على بعد واحد من بعضهما وكانت دوائر انصاف النهار هي التي تقاس بها المسافة الفاصلة للمتوازيات على السطح المذكور

وكل متواز يمر سطحه بمركز الارض فهو اكبر المتوازيات ويسمى بخط الاستواء لانه يقسم الكرة الى جزئين متساويين يسمى كل منهما بنصف الكرة

ونصف الكرة الشمالي هو الذي يكون فيه القطب الشمالي وعليه فتكون بلاد فرانسا موضوعة في نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الاخر يسمى جنوبيا تسمية له باسم القطب المشتمل هو عليه

فاذا فرضنا ان هناك ٣٦٠ من مستويات دوائر انصاف النهار متساوية البعد فانها تكون مشتملة على زوايا قدر كل زاوية درجة واحدة وتقسم المتوازيات وخط الاستواء معا الى ٣٦٠ جزأ متساوية اعني الى °٣٦٠ وهي درجات الطول فاذا قسمنا المسافة المنحصرة بين اثنتين من دوائر انصاف النهار المذكورة التي هي ٣٦٠ الى ٦٠ جزأ متساوية بمستويات دوائر انصاف نهار كرة اخرى فان هذه المستويات تقسم درجات الطول الى ٦٠ جزأ متساوية وكذلك الى دقائق وغير ذلك

فاذا كانت المتوازيات متساوية البعد وكان عددها ١٨٠ فانها تقسم دوائر انصاف النهار الى ٣٦٠ جزأ متساوية وهي درجات العرض وقد يقسم بعض المتوازيات المتوسطة تقسيما ثانويا تلك الدرجات الى دقائق وثوان وثوالث وهلم جرا

(بيان قسمة سطح الارض الى مربعات كروية ليتيسر بها تخطيط الاماكن)

كما ان سطح المستوى ينقسم الى مربعات بواسطة خطوط متوازية وعمودية ليتبين بها وضع الاشكال المرسومة على هذا المستوى كذلك ينقسم سطح الكرة الى مربعات كروية بواسطة دوائر متوازية وعمودية ليستبين بها مع الضبط والصحة على هذا السطح وضع سائر الاماكن والخطوط الشهيرة كوضع المدن ومجارى الانهار واتجاه سلاسل الجبال ومحيط شواطئ البحر ونحو ذلك

فانه متى عين فى نصف الكرة مايكون عليه وضع المكان من المتوازيات اودوائر انصاف النهار كان وضع ذلك المكان معينا تعينا تاما وطريق ذلك ان نعد المتوازيات بواسطة درجات العرض على هذا الوجه وهو ان نبتدئ من ٠° و ١° و٢° و ٣° الى ٩٠° ويكون ذلك من خط الاستواء الى القطب الشمالى من الجهة الاولى والى القطب الجنوبى من الجهة الثانية ونعد ايضا دوائر انصاف النهار بهذه الكيفية بان نبتدئ فى العد من ٠° و ١° و ٢° و٣° الى ١٨٠° من درجات الطول ويكون ذلك من دائرة نصف النهار التى تمر برصد خانه باريس مع تعيين درجات المشرق ودرجات المغرب فاذا وصل الانسان الى ١٨٠ من درجات الطول كان على دائرة نصف نهار باريس

ومتى عرفنا بهذه الكيفية وضع اى نقطة من الكرة على احد نصفى الكرة كفى فى الوقوف على وضعها الحقيقى الذى لا يلتبس بوضع آخر ان نعرف عدد الدرجات الذى يدل على طولها والذى يدل على عرضها

وانفع عملية فى الجغرافيا والهيئة والملاحة هى التى عرف بها وضع المدن الشهيرة والجهات العظيمة من الكرة بواسطة عدد الدرجات وكسورها فى الطول والعرض الدالين على وضعها وبالجملة فهذه الطريقة تستعمل كما رأيت فى تعيين وضع اى نقطة على الكرة بواسطة عددين وهى اقرب شبها بالطريقة التى نستعمل فى تعيين وضع اى نقطة على مستو بواسطة عددين

وقد تستعمل احدى الطريقتين فى رسم سطح الارض الكروى على خارطة مستوية ذات مربعات متكونة من خطوط مستقيمة

وقد يرسم بعض الخطوط المستقيمة المتوازية المتساوية البعد التى هى آ و آ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ و ٤ و ٤ الخ (شكل ٢ لوحة ٩) دوائر انصاف النهار المنفردة على هيئة مستقيم فترسم حينئذ الخطوط المستقيمة المتوازية التى هى ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ الخ الدوائر المتوازية المنفردة الممتدة لان خط ١ و ١ = ٢ و ٢ = ٣ و ٣ وهكذا مع ان المتوازيات تصغر كلما بعدت عن خط الاستواء

ولنفرض الآن ان تقاسيم ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ و ٤ الخ تمتد بالتناسب الى المتوازيات المقابلة لها وهى ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ الخ فاذا فرضنا ان المربعات صغيرة جدا امكن ان نعتبر ان كل واحد من المربعات التى رسمت على الكرة مربع مستو طوله وعرضه مناسبان للطول والعرض من المربع الممتد بالتناسب فى الجهتين على الخارطة المستوية

فحينئذ تكون جميع الاشكال المرسومة على الكرة فى الخارطة المختصرة منقولة على اجزاء متشابهة مستوية وعليه فتكون الاجزاء الصغيرة التى تتركب منها الاجزاء المتشابهة متشابهة ويحدث عن خطوطها مع بعضها جملة زوايا كما تحدثها مع المتوازيات ودوائر انصاف النهار وغير ذلك ومن هذا القبيل ما يسمى بالخارطات البحرية

(بيان اجراء العملية فى اتجاه الطرق)

(فى علم الملاحة)

اذا اراد الانسان فى سياحته ان يسلك طريقا واحدة يتولد عنها مع دائرة نصف النهار زاوية واحدة فان تلك الطريق ترسم على الخارطة الكروية بواسطة خط مستقيم يمتد من النقطة التى يبتدئ منها السياح الى النقطة التى ينتهى اليها

وبهذا الخط تعرف زاوية الطريق التي سلكها الملاح في انتقاله من محل الى آخر سوآء كان سيره في بحر كروى الشكل او سطحه ذو تعريجات وانعطافات

واذا فرضنا ان الارض كروية الشكل فانما اراد الجغرافيون بذلك انها مع عدم تساوى اجزآءها المختلفة التي تظهر من سطحها تغاير قليلا صورة سطح الكرة بالنظر لعظم جرمها وان كان في الواقع ونفس الامر ارتفاع الجبال الشاهقة لا يساوى جزأ من الف من قطر الكرة القريبة جدا من شكل الارض وعظم جرمها

وقد تكون خشونة قشر النارنجة مثلا بارزة بالنسبة لحجمها اكثر من الجبال الشاهقة بالنسبة لحجم الارض

ولاجل قياس ما بين تلك الاجزاء من الاختلاف مع غاية الضبط نفرض انه من نقطة معينة من شاطئ بحر او بحيرة مثلا نرسم سطح كرة يكون مركزه عين مركز الارض ونعين عليه دوآئر انصاف النهار والمتوازيات المقابلة لدوآئر انصاف النهار الارضية

ولاجل تحديد وضع اى نقطة من الكرة يلزم تعيين ارتفاع النقطة المذكورة من اعلا سطح الكرة المتقدمة ثم تبين عدد درجات الطول والعرض اللذين يعرف بهما المتوازى ودائرة نصف النهار المارات بالعمود الممتد من النقطة المرصودة الى سطح الكرة

وسنبين عند الكلام على معادلة السوآئل كيفية قياس ارتفاعات النقط المختلفة من الكرة ونقلها الى سطح الكرة المجعولة حد التشبيه بواسطة الآلة المسماة بالبارومتر ومثل هذه الاقيسة ليس مما يرغب فيه الانسان كمال الرغبة وانما يستعملها المهندس الذى يريد رسم خلجان او طرق ليعرف بهما ارتفاعات الانخفاض والارتفاع اللذين يلزمه جوبهما عند ارادته الذهاب من محل الى آخر وتستعمل ايضا في قسمة الكرة الى اقطار تكون ارتفاعاتها دالة على الاقطار الحارة وعلى كثير من الخواص الطبيعية

وزيادة على ما بين الاجزآء الارضية من الاختلاف الكثير الذى يتولد منه

تعريجات قليلة الامتداد اوكثيرته وظاهرة قليلا اوكثيرا على سطح الكرة الظاهر ترى فى صورة الارض تغيرا واختلافا عاما فى جميع اجزآئها يبعدها عن شكل الكرة فتراها مسطحة من جهة قطبيها ومنتفخة من جهة خط الاستوآء فاذن اذا امكث الانسان على سطح الكرة وكان فى القطب فانه يكون قريبا من مركز الارض اكثر مما اذا كان فى الاقطار المتوسطة ومن باب اولى اذا كان فى خط الاستوآء

ثم ان معرفة تسطيح الارض مهمة جدا فى الصناعة لما ان تسطيحها يجعل درجات العرض طويلة من جهة القطب وقصيرة من جهة خط الاستوآء وله تأثير عظيم فى قوة الثقل التى تنقاد اليها جميع الاجسام وهذه القوة فى جهة القطب اعظم منها فى جهة خط الاستوآء ومن هنا البندول المنقول من القطب الى خط الاستوآء فانك ترى حركته تبطئ شيأ فشيأ واذا لم يكن هنالك مانع ترى عمود الهوآء الواقع على القطب اثقل من العمود الذى يقع على خط الاستوآء وينتج من ذلك تنوعات فى حركة الآلات المائية والآلات البخارية وغيرها

وسيأتى لك عند الكلام على الآلات والقوى المحركة فى المجلد الثانى والثالث بيان القاعدة التى بمقتضاها يتغير ثقل الاجسام وثقل الكرة الهوآئية وسرعة البندول فى الاماكن المختلفة من الارض وبيان ماينتج عن ذلك من النتائج المستعملة فى عدة فنون

(بيان الكرة السماوية)

تستعمل الكرة المنقسمة بواسطة المتوازيات ودوآئر انصاف النهار الى مربعات ليعرف بها وضع الكواكب فى السماء كما يعرف بها ذلك على الارض فنفرض اولا ان السماء كرة محورها ومركزها عين محور الارض ومركزها وثانيا ان جميع الكواكب تكون موضوعة على سطح الكرة المذكورة

وحيث ان معظم الكواكب وهى النجوم على بعد واحد من بعضها فى الكرة السماوية كان وضعها الاصلى لا يتغير

فاذا كان هناك نجم موضوع مع غاية الضبط على اتجاه المحور بمعنى انه قريب جدا من القطب كان بمفرده ثابتا اذا تحركت النجوم الاخرى فلذا سمي بالنجم القطبي لقربه منه ثم تراه يرسم دائرة صغيرة جدا

وقد يتغير وضع جميع الكواكب بالنسبة الينا فلذا كان الفلكيون يقيسون عدد درجات الطول والعرض التي تدل على الوضع المذكور في اليوم بتمامه وفي ساعات معلومة منه فذا عينوا في السماء عدة نقط منفردة عن بعضها تدل دلالة تامة على الطريق الذي يقطعه الكوكب فانهم يمرون من هذه النقط بخط منحن مستمر وهو الطريق الذي يسير فيه الكوكب بحركة الظاهري على سطح الكرة السماوية

وبمعرفة هذه المنحنيات المرسومة بحركة الكواكب علم المنجمون انها مسطحة وقابلة لان تكون مرسومة على مخروط قائم مستدير وسطح دوران مخروطي وهو القطوع المخروطية فالكواكب السيارة ترسم في سيرها قطوعا ناقصة ويترآى ان ذوات الذنب ترسم قطوعا مكافئة وان الشمس تشغل نقطة احتراق هذه الخطوط المنحنية (راجع الدرس الثالث عشر)

ولهذه العمليات الهندسية مدخل عظيم في سير الكواكب فبدونها لا يمكن ايجاد خاصية التجاذب العظيمة التي تبين قوى الكواكب السيارة وحركاتها وتجعل لعلم الفلك عند المتأخرين علو شان ومزيد اعتبار اكثر مما كان عليه عند المتقدمين

ولذا كانت الهندسة لا تتغير في تطبيقها على الصناعات من ادنى نحاس يصنع قمعا على شكل مخروط قائم مستدير ويقطعه بالانحراف على وضع مائل اذا اراد تطبيقه على اناء مثلا الى اعلام هندس يحسب سير الاجسام السماوية وشكل المداريط النظرية التي قواعدها الخطوط المنحنية المتنوعة بحركة الكواكب فان الهندسة في ذلك كله واحدة وكذلك السطوح والقطوع والخطوط المنحنية المستعملة في اسهل الصنائع واعظم تطبيقات العلوم فانها ايضا واحدة لا تتغير

ونقول ان الغرض الاصلى من هذه المقابلات هو تسهيل المسائل التى بدون ذلك يفزع الانسان من مطالعتها لكن يسهل عليه فهمها ان وقف على ما بينها من المشابهة وعلى كيفية اجرآئها عند جميع الناس حيث انها تستعمل فى اشغال كثيرة نباشر عمليتها كل يوم بايدينا او تكون نصب اعيننا فلا مانع ان نقول ان ذلك هو حقيقة الهندسة التى تطبق على العلوم والفنون والحرف

واذا رصدنا مع التامل وامعان النظر منظر السمآء فى ليلة صحو رأينا الكواكب التى تزين القبة السماوية لا تمكث ثابتة بالنسبة الينا بل نراها ترتفع على التوالى كالشمس من جهة المشرق آخذة الى الجنوب وتنخفض جهة المغرب حتى تختفى الى غد

وكل نجم يرسم فى هذه الحركة دآئرة وجميع هذه الدوآئر متحدة المحور وهو عين محور الارض ولذا كان يترآى لنا من منظر السماء كأن القبة السماوية لها حركة دوران حول محور الارض

وقد اعتقد كثير من الناس فى قرون عديدة ان جميع الكواكب تدور على الوجه السابق حول الارض التى هى على اعتقاد العامة ثابتة فى مركز الدنيا وبالهندسة يظهر لنا سر هذا المنظر السماوى وما يبدو فى شأنه من التخيلات

وذلك اننا بعيدون عن الكواكب بحيث ان الاشعة النظرية الصاعدة من اماكن مختلفة من الارض الى كوكب واحد تظهر باجمعها متوازية فاذن يكون منظر السماء واحدا سوآء كان الناظر على سطح الارض او فى مركزها فاذا فرضنا ان الناظر فى المركز وان السماء تدور بحركة تامة منتظمة فى ظرف اربع وعشرين ساعة حول محور الدنيا كانت الارض ثابتة واذا فرضنا ان الشمس ثابتة لزم عكس ذلك وهو ان الارض تدور حول محور الدنيا وفى هذه الحركة يكون الكوكبان اللذان يترآى انهما ثابتان هما قطبا الدنيا وحيث ان بعد كل كوكب من هذين القطبين لا يتغير فان كل كوكب صاعدا كان او هابطا بالنسبة

لافق عدة نقط مختلفة من الارض يكون دائما على شعاع نظري يصنع مع الشعاع الذى يتجه نحو القطب ويدل على محور الارض زاوية واحدة فاذن يترآى لنا ان كل كوكب يتحرك على مخروط واحد مركب من الاشعة النظرية ولا تزال جميع الكواكب عند قربهما من مخاريطها ثابتة على بعدها الخاص بها وعليه فيكون منظر السماء واحدا لو فرضنا ان الارض ثابتة والسماء متحركة ومن ثم كانت مشابهة مناظر السماء تعرف بواسطة خاصية سهلة جدا من دوران السطوح والنقط حول محور ثابت فاذا كانت الارض ثابتة فان القبة السماوية تدور حول محور الارض وبالعكس اعنى انه اذا كانت القبة السماوية ثابتة فان الارض تدور على نفسها ومتى عرفنا قواعد الحركة المستديرة رأينا ما استقر عليه رأي المهندسين في شأن السماء والارض

وليست الكرة بمفردها سطح دوران بحيث يمكن تولده بدوران دائرة حول خط مستقيم فاذا فرضنا ان محور السطح المذكور لا يمر بمركز الدائرة فانه يحدث سطح من جنس السطوح التى تسمى بالحلقية لان الحلقات التى تستعمل فى الصناعة هى نوع خاص من جنس السطوح المذكورة ومن المعلوم ان سائر مستويات دوائر انصاف انهار تقطع الحلقة فى دوائر متساوية كما فى (شكل ١٢) وان جميع المستويات المتوازية تقطع ايضا السطح المذكور فى دوائر نصف قطرها مختلف

واعلم ان الخواتم التى يلبسها الرجال والنساء فى اصابعهم هى فى الغالب سطوح مستديرة تسمى بالحلقات

ويستعمل فى الفنون حلقات مثل ا ب ث كما فى (شكل ١٣) تربعين ه د ش من رزة ه د ن ف المسمرة فى البلاط او فى حائط ليحدث عنها حلقة ثابتة يرتبط فيها جملة حبال

ويستعمل ايضا شكل الحلقة او جزء منها فى تزيين العمارات

وقد يكون ربعان من الدائرة وهما ا ا و خ ر خ (شكل ١٤) الموجودان فى رؤس الاعمدة وقواعدها ربعين من السطح الحلقى المتولد من

دوران دائرة حول محور العمود وتكون بسطة ب ب نصف سطح حلقي مصنوع من دوران الدائرة حول محور العمود المذكور

ويستعمل المعمرجي ايضا السطح الحلقي لصناعة القبب ومن ذلك مايشاهد في العمارة الظريفة التي بسرت القمح بباريس من القبة الظريفة التي على شكل نصف كرة مثل ا ب ث كما في (شكل ١٥) حولها سطح حلقي جانباه مركبان من نصف كرتي ا د ه و ث ف غ

وقد تركب الآنية المستديرة القديمة التي على هيئة (شكل ١٢) من اجزآء اسطوانية مثل ا ب و ث د و ه ف و ع ش ومن اجزآء حلقية ايضا مثل م ن و ح خ و ر ض و ط ع و س ض

وحين يضع النجار الخراطة حول باب مقنطر مصمت ترسم الاجزاء المستديرة من حديد فانه سطوحا حلقية

ويكون ناقوس ا ب ث د ه (شكل ١٧) المستعمل للدق في المعامل والكنائس والمساكن الساذجية سطح دوران مركبا من اجزآء مخروطية ومن اجزآء حلقية

[illegible] يستعملون حلقة غير كاملة الاستدارة ويسمونها بالقشرة ويلفون على هذه الحلقة حبلا يكون ممكنه تجويفها الخارجي ويشد طرفاه بحيث يتعذر خروج الحلقة منهما ثم يوضع فيها حبل ثان يتحرك فيها بدون مانع

[illegible] زمنا طويلا في ظواهر زحل وخاتمه الذي يظهر مع التدريج بهيئات مختلفة مثل ١ و ٢ و ٣ الخ كما في (شكل ١١) ولم يمكنهم الوقوف على حقيقة ذلك لكنهم اذا تبحروا في المعارف الهندسية عرفوا بغاية السهولة ان خاتم زحل الذي تتغير مناظره وهي ١ و ٢ و ٣ ويكتنف تارة كرة زحل وتارة يقطعها يكون في الحقيقة ثابت الصورة والنظم وتكفي طريقة المساقط السهلة في ايضاح الخاتم المذكور

[illegible] في الفنون بكثرة هو الطارة فالطارات المستعملة

في البكرات هي اسطوانات مسطحة بالكلية من جهة عرضها ومجوفة من جهة محيطها على هيئة سطح حلقي متولد عن دوران قوس دائرة ويحدث ايضا عن قطع عجلات عربة مثل م و م و م (شكل ١٨) سطح دوران حلقي ويكون جزء هذه العجلات الذي في مركزها مصمتا وهو ما يسمى بقلب العجلة وهو أ ب ث د ويضم سطح الدوران المذكور بانصاف اقطار متساوية البعد عن بعضها الى الحلقة التي تصنعها القطع وتكون القطع المذكورة المتركبة من اجزاء متساوية مغطاة بجلب من الحديد يتصلب بها اطراف القطع التي هي مسمرة عليها

وهنالك عجلات تكون سائر انصاف الاقطار بالنظر اليها في مستو واحد مثل د ر ر وحينئذ تكون الجلب المتخذة من الحديد عمودية من جميع الجهات على المستوى المذكور ويحدث عنها اسطوانة

وهنالك عجلات اخر تكون انصاف اقطار ص ض و ص ض الخ بالنظر اليها متجهة كاضلاع المخروط القائم المستدير والجلب العمودية من جميع الجهات على استقامة انصاف الاقطار المذكورة يحدث عنها في حد ذاتها سطح مخروط ومن هذا القبيل العجلات المخروطية

وعند ذكر الخواص الميكانيكية للعجلات نبين ما لنوعي سطوح الدوران المذكورة من المنافع والمضار لاجل نقل الاثقال

وسطح البراميل هو احد سطوح الدوران التي اشتهرت دون غيرها بساذجية تركيبها لانها مركبة من الواح رقيقة السمك تسمى دفوفا وملتحمة باضلاعها الضيقة جدا بحيث اذا طويت مع الشدة بدوائر متوازية كدوائر أ ب و ا ـ و ث د و ث د كما في (شكل ١٩) وبقيت على ذلك الطي حدث عنها سطح دوران متوازياته هي عين الدوائر وجوانبه هي التحامات الدفوف

ولاجل غلق سطوح الدوران المذكورة تصنع مستو يا مستديرا من الواح اخر رفيعة جدا تسمى بالقاع ويكون هذا المستوى مفصلا على حسب الاطراف

ومصنوعا على صورة قطع مخروطية ليدخل فى حز مستدير يسمى مدخلا ويحفر على الوجه الداخل من الدفوف

ويجب على صانع الدفوف بعد أن يجعل لها سمكا مناسبا أن يضمها من الطرفين بان يمهد وجهها الرقيق على فارة كبيرة ثابتة يقال لها الرندج الكبير ولا يتوقف هذا العمل الا على مجرد النظر فلذا كان ينشأ عنه عدم الانتظام الذى يضر بصناعة البراميل

ويجب علينا ان نهتم باستعمال طرق هندسية لنجعل للدفوف شكلا كامل الانتظام فلنفرض ان كل دف يثنى بين ثلاث نقط ثابتة كنقط ا و ب و ث او اكثر (شكل ٢٠) وان و و عبارة عن محور برميل دفه ا ب ث فيتحصل معنا فارة سلاحها موضوع فى المستوى الجانبى بمعنى انه يمر بمحور و و ولنفرض ان هذا السلاح تارة يمكن تدويره حول المحور المذكور وتارة يمكن سيره ورجوعه فى مستوى دائرة نصف النهار فاذا قربت الفارة على وجه لائق من دف ا ب ث فاننا نصنع الوجه الصغير اولا من اعلاه على حسب الشكل المطابق لصورة البرميل الجانبية وثانيا بقلب هذا الدف اى جعل اعلاه اسفله

فاذا صنعت الدفوف بهذه الطريقة كانت صالحة لصناعة سطح دوران مع غاية الضبط

وقد اسسوا بمقتضى هذه الطريقة فبريقة عظيمة فى مدينة غلاسكونية ببلاد ايقوثيا لصناعة البراميل ولا وجود لها الآن وفى فرانسا ايضا فبريقة يظهر انها نجحت فى هذه الصناعة

فاذا اجتمعت سائر الدفوف نشرنا اطرافها بشرط أن يكون سطح القطع عموديا على المحور ثم نحفر الحز المسمى مدخلا بفارة مشابهة للجنكار وهى آلة من آلات النجارة لها ضلع مسطح يوضع على المحيط المرسوم باطراف الدفوف بخلاف سلاح الفارة الرفيع البارز فانه يكون على قضيب قائم على بعد كاف من اسفل الضلع المسطح لاجل حفر المدخل ثم نقطع القاعات على

حسب دائرة نصف قطرها يساوى نصف قطر المدخل ومتى تم ذلك نبسط الدخوف من جهة اطرافها حتى يمكن ادخال القاعات فى المدخل ثم يرتق البرميل بان نضع دوائر محددة متخذة من الخشب او الحديد عوضا عن الدوائر الوقتية المستعملة لصناعة البرميل المذكور .

والبراميل هى اعظم ما يتخذ من الخشب فى صيانة المائعات بحيث لا يفقد منها شئ وهذا انما يكون فى صورة جودة الخشب واتقان صناعة البراميل ومن جملة تنظيم وسق السفن ان يكون فيها مقدار عظيم من البتاتى التى تشغل عدة طبقات مثل اب , شد , هف كما فى (شكل ٢١) وتسمى بالصف الاول والثانى والثالث من طبقات التنظيم ومن الضرورى ان نعرف قبل ذلك ارتفاع هذه الطبقات المذكورة لنعلم المسافة التى تشغلها براميل النبيذ والماء والعرقى وما اشبه ذلك من باطن السفينة المسمى خنّا وكذلك المسافة التى تبقى لحمل المواد الاخر التى يتم بها وسق السفينة

(ومما ينبغى التنبيه عليه ان البتاتى المشار اليها بتلك الحروف وهى م و ه و ح المفروض تساويها متلاصقة فاذن تكون مراكزها الثلاثة متباعدة عن بعضها بمقدار يساوى القطر الاكبر من كل واحدة منها فاذا امددنا فى مثلث م ه ح من رأس ه خطا مستقيما كخط ه ش عمودا على م ح وفرضنا ان م ش = ش ح = ١ نتج ان م ه = ٢ ثم انه بمقتضى خاصية مربع وتر الزاوية القائمة ينتج ان ه ش^٢ = م ه^٢ — م ش^٢ = ٤ — ١ = ٣

ويؤخذ من ذلك ان خط ه ش يساوى تقريبا ٧٣ ر ١ الا ان مركزى م و ح يكونان على بعد واحد من الارض مساو لنصف قطر البتاتى = ١ فاذن يكون مقدار ارتفاع مركز ه فوق الارض ٧٣ ر ٢ واذا كانت بتية ه موضوعة وضعا محكما على بتية ح كان ارتفاع مركز ه فوق الارض مساويا لنصف القطر ثلاث مرات فاذن يتوفر من تعشيق كل صف من البراميل ٢٧ جزأ من مائة من نصف القطر تقريبا)

ومع ان ترتيب (شكل ٢١) يوفر ٢٧ جزأ من مائة من نفقة الوقود البناقى بضيع من الاقسان مسافة كبيرة ويمنع هذا الضرر باستعمال صناديق من الحديد على صورة شكل مكعب توضع فيها مياه السفن وتحفظها حفظا جيدا

وقد يصنع فى الترسانات البرية والبحرية بواسطة الكلل ودانة الابوس والحب وغيرها من الذاتات المجوفة التى قطرها واحد وعيارها واحد كيمان منتظمة بمستويات افقية كما فى (شكل ٢٢) ويكون شكل قاعدة هذه الكيمان فى العادة مستطيلا وتكون صورتها على شكل منشور مثلثى واوجهها متماثلة الوضع

(ولاجل معرفة عدد الكلل التى يحتوى عليها كوم يكون على شكل منشور ناقص منتظم ككوم (شكل ٢٢) نحسب اولا مقدار الكلل التى فى احد اوجه مثلث ا ب ث فاذا عددنا مثلا ما فى صف ر من الكلل وجدناه يبلغ هذا العدد وهو

(١ + ٢ + ٣ الخ + ر)

فنضرب ثلث هذا العدد فى مجموع الكلل التى فى الصفوف الطرفية وهى اا + ب ب + ث ث الدالة على اضلاع المنشور الناقص المنتظم وهو ا ب ث ا ب ث

وليكن ن مثلا عبارة عن عدد كلل صف اا فيكون كل من صفى ب ب و ث ث محتويا على كلل صف ر - ١ اكثر من احتوا صف اا عليها فحينئذ يكون اا + ب ب + ث ث = ٣ ن + ٢ ر - ٢

فاذن يكون مقدار مجموع كلل الكوم ⅓ (١ + ٢ + ٣ + الخ + ر) × (٣ ن + ٢ ر - ٢) ومعرفة هذا الحاصل سهلة

فاذا لم يكن فى صف اا الا كلة واحدة فان المنشور يصير هرما مربعيا عدد كلله

⅓ (١ + ٢ + ٣ + الخ ر) (٣ + ٢ ر - ٢)

او

او $\frac{1}{2}$ (١ + ٢ + ٣ الخ + ر) ر (٢ ر + ١) واذا كان الكوم مثلثيا فان ا ا = ١ و ب ب = ١ و ث ث = ر فاذن ينتج ان ا ا + ب ب + ث ث = ر + ٢

فاذن يكون عدد كال الكوم المثلثي الذى صفوف كالله ر

(١ + ٢ + ٣ الخ + ر) × $\frac{1}{2}$ (ر + ٢)

(الدرس الثاني عشر)

(في بيان السطوح الحلزونية)

ينبغي لنا قبل الشروع في بيان خواص السطوح الحلزونية وتطبيقاتها على الفنون ان نختبر المنحنيات التي يكون بها تركيب هذه السطوح وذلك بان نرسم مستطيل و ش ك ا (شكل ١) ونقسمه الى قطع متساوية العرض بواسطة خطوط مستقيمة متوازية مثل ا ب و ب ث و ث د الخ ونمد خطوط ا ا و ب ب و ث ث و د د المائلة وهلم جرا فتصير تلك الخطوط بالضرورة موازية لبعضها حيث انها تقطع متوازيات اخرى مثل ا ب = ا ب و ب ث = ب ث و ث د = ث د وغير ذلك الى اجزاء متساوية

ولنفرض الا ن ان المستطيل المذكور ينثنى حتى يصير على صورة شكل اسطواني يكون احد اضلاعه و ش ونغلق الاسطوانة بالكلية بحيث ينطبق ضلع ا ك على و ش انطباقا تاما فتقع حينئذ نقطة ا على نقطة و و ب على ا و ث على ب و د على ث وهلم جرا وحيث كانت الاضلاع موازية لضلعي و ش و ا ك كانت معينة على مستطيل و ش ك ا بخطوط ح ح و ر ض و ط ع الخ المستقيمة الموازية لضلعي و س و ا ك الا ان هذه الخطوط المستقيمة المتوازية تقطع على المستطيل مائلات ا ا و ب ب و ث ث و د د الخ في زوايا متساوية حيث ان هذه المائلات متوازية وبالجملة فاذا طبقنا المستطيل على الاسطوانة (شكل ٣) كانت كل زاوية من

الزوايا المتآلفة من مائلات ا ا و ب ب و ث ث الخ (شكل ١)
ومن اضلاع ح خ و ز ض و ط ع الخ لا تتغير
فحينئذ اذا انضمت مائلات ا ا و ب ب الى الاسطوانة فى نقط
ا و ب و ب و ث و ث و ذ الخ (شكل ١) حدث عنها
منحن يتكون منه مع اضلاع الاسطوانة زاوية واحدة فى جميع جهاته
وهذا المنحنى المنفرد هو الذى يطلق عليه اسم الخط البريمى او الحلزونى
الاسطوانى

واذا انثنى المستطيل بحيث يحدث عنه اسطوانة قاعدتها دائرة تحصل الخط
البريمى المستعمل كثيرا فى الفنون

ولنفرض ان نقطتين يسيران فى زمن واحد من نقطة ش احداهما على
ضلع ش ك من المستطيل (شكل ١) والاخرى على مائل
ش ك ونفرض ايضا ان هاتين النقطتين يمران فى زمن واحد بخط ح خ
اولا وبخط ز ض ثانيا وبخط ط ع ثالثا وهكذا فيحصل
لنا بمقتضى خاصية الخطوط المتناسبة هذا التناسب وهو

ش خ : خ غ :: ش ض : ض ضه :: ش ع : ع ع وهكذا

فاذن تبعد النقطة التى تتبع اتجاه مائل ش شه من قاعدة ش ك
بكميات خ غ و ض ضه و ع ع الخ مناسبة للبعد بين ضلع
و ش واضلاع ح خ و ز ض و ط ع الخ

وبناء على ذلك اذا ادرنا حول الاسطوانة احد اضلاعها كضلع ش و
وكان هناك نقطة سائرة على طول هذا الضلع بحيث تكون المسافات المقطوعة
بالنقطة والضلع المذكورين متناسبة فان النقطة المذكورة ترسم خطا بريميا
او حلزونيا كالخط المرسوم فى (شكل ٣) فحينئذ يكون الشكل الحلزونى
حادثا من النقطة التى عند دورانها حول المحور تسير فى الجهة الموازية لذلك
المحور بالنسبة للكمية التى تدورها حول المحور المذكور

وبناء

وبناء على ذلك يمكن للخراط ان يرسم شكلا حلزونيا على اسطوانة بواسطة آلة قاطعة تسير بالتوازى للمحور وبالنسبة للكمية التى تدورها الاسطوانة حول المحور المذكور وبناء عليه ايضا ينبغى فى كل دور من الاسطوانة لاجل رسم الشكل الحلزونى ان تكون الة الخراط سائرة على طول واحد وهذا الطول المتساوى من جميع جهاته هو المسمى بخطوة الخط البريمى او الحلزونى فاذن تكون مسافة الادوار المختلفة للخط البريمى او الحلزونى المتيسة على كل ضلع ملازمة لحالة واحدة وهى الخطوة الحلزونية

ولنفرض (شكل ٢) انه بواسطة الطبع او غيره نستخرج صورة من (شكل ١) بمعنى اننا نصنع شكلا ثانيا مماثلا للاول ونثنيه على اسطوانة (شكل ٤) المساوية لاسطوانة (شكل ٣) فيحدث شكل حلزونى متجه اتجاها مضادا لاتجاه الشكل الحلزونى المتقدم فى (شكل ٣)

وحلزون (شكل ٣) هو الدائر جهة اليمين وحلزون (شكل ٤) هو الدائر جهة الشمال ومتى كانت الاسطوانتان المتقدمتان متساويتين كما فى شكلى ٣ و ٤ وكانت خطوة البريمة ملازمة لحالة واحدة فان الحلزون الدائر جهة اليمين يكون مماثلا للحلزون الدائر جهة الشمال

(بيان شكل البريمة الحلزونى)

وعوضا عن ان ندير نقطة واحدة حول المحور يمكن ان ندير حول هذا المحور اى شكل مستو كمثلث (شكل ٥) او مربع (شكل ٦) فعلى ذلك نرسم سطوحا يمكن ان تكون مجوفة او محدبة على اسطوانات يمكن ايضا ان تكون مجوفة او محدبة ويطلق اسم البرمات على المجوفات او المحدبات الحلزونية الشكل المتكونة من دوران مثلث او مربع حول الاسطوانة سواء كان ذلك المثلث او المربع مجوفا او محدبا وهذا المثلث او المربع يسير على نحو الخط البريمى مع ملازمته لصورة مولده فى وضع واحد بالنسبة لدائرة الخط البريمى ولاتجاه محور الاسطوانة

ويطلق اسم البريمة على اسطوانة $\overline{\text{اب ث د}}$ (شكل ٥ و ٦) التى تحتوى

على البرمة فوق سطحها المحدب ويطلق ايضا اسم بيت البريمة على الاسطوانة المجوفة التى لها برمة حلزونية الشكل محفورة فى سطحها المجوف

فاذا كان هنالك اسطوانتان قطرهما واحد وكان الحلزون المتقدم مرسوما على محيطهما ورسمناه فيه بعد ذلك مولد البرمة فانه من حيث كون احداهما محدبة والاخرى مجوفة يحدث من ذلك بريمة وبيتها ويكونان متحدين فى البرمة والخطوة فاذن نقول انه يمكن ادخال البريمة فى بيتها بان نجعلها تسير وتدور فى ان واحد بدون ان تترك شيأ من الفراغ بينها وبين بيتها وبدون ان ينقص من حجمها شئ فى سائر الجهات

واذا فرضنا اننا نبدأ بادخال طرف البرمة المحدبة من البريمة فى طرف البرمة المجوفة من بيت البريمة فان اسطوانتى البريمة وبيتها يكونان منتظمين بحيث يكون محوراهما على خط مستقيم واحد فاذا تقرر هذا فان احدى الاسطوانتين متى كانت ثابتة فان الاخرى تدور وبحيث تسير كل نقطة من برمتها بالتوازى للمحور وبالنسبة للكمية التى تدور بمقدارها وعلى حسب النسبة المعينة بانحناء الخط البريمى المستعمل مولدا للبرمات فبذلك ترسم الصورة الجانبية من سطح البرمات المحدبة سطح البرمة المجوفة فاذن تكون البرمة المحدبة بتمامها فى المجوفة من غير ان يكون بينهما فراغ وهذا هو حركة البريمة فى بيتها وقد صنعوا بطريقة هندسية مع الاهتمام البريمات المثلثية والمربعية ليتيسر للتلامذة ان يقفوا على حقيقة مساقط (شكلى ٥ و ٦) وهذا هو اعظم ما يمرنون به فى العمليات الهندسية

وكما انه يوجد نوعان من الحلزونيات احدهما يدور جهة اليمين والاخر جهة الشمال يوجد ايضا نوعان من البريمة وبيتها احدهما يدور جهة اليمين والاخر جهة الشمال ومن المعلوم انه لا يمكن ادخال البريمة الدائرة جهة اليمين فى بيت البريمة الدائرة جهة الشمال وان البريمة الدائرة جهة الشمال لا يمكن ادخالها فى بيت البريمة الدائرة جهة اليمين

وللبريمات استعمال فى الفنون غير منقطع فانها تارة تستعمل لتحويل حركة

مستقيمة الى حركة مستديرة وتارة تستعمل لعكس ذلك كما ستعرفه عند الكلام
على الآلات فى المجلد الثانى من هذا الكتاب
ولننبه كما فى (شكل ١) على ان خطوة و آ = آ ب الخ من البريمة
يمكن ان تكون صغيرة جدا بالنسبة لطول ش ك من محيط الاسطوانة
وعلى ان مثلث ش ك شـ يحدث مقياسا مركبا من اجزاء خ غ
و ض ضـ و غ غ الخ التى نسبتها لبعضها :: ١ : ٢ :: ٣
وهلم جرا وهو سلم مشابه للسلم الذى تقدم ذكره فى الدرس الخامس (شكل ٥)
فاذا كان محيط القاعدة دالا على اجزاء ش خ و خ ض
و ض ع الخ المتساوية لزم ان يكون الخطأ البين فى هذه الاطوال قليلا
بالنسبة لارتفاعات خ غ و ض ضـ و ع ع وهلم جرا

(بيان اجزاء العملية)

قد اكتسبت الصناعة فى الخاصة الهندسية المتقدمة مبلغا عظيما بالنظر
لتقسيم الخطوط المستقيمة الى اجزاء متساوية تقسيما صحيحا بواسطة البريمة
ولنقسم قاعدة آ ب (شكل ٧) الى اجزاء متساوية قسمة صحيحة
ونفرض ان خطوة بريمة م ن التى محورها موازلخط آ ب يكون
مقداره عشر محيط الاسطوانة المفصل عليها البريمة المذكورة وان مقدار
نصف قطر هذه القاعدة يبلغ عشر نصف قطر مسطح ح خ المستدير
المنقسم محيطه الى عدة اجزاء متساوية وفرض ايضا ان الخطأ الناشئ عن
تقاسيم مسطح ح خ يبلغ جزأ من الف من متر وهذا الا يتأتى فى العمليات
المضبوطة فيكون محيط مسطح ح خ اكبر من خطوة البريمة مائة مرة
وكل دور من ادوار ح خ لا يمكن ان يقدم شاخص ش ص
المجذوب بهذه البريمة ولا يؤخره الا بمقدار خطوة واحدة فاذن لا يكون الخطا
الحاصل على المسافة التى يقطعها الشاخص الاجزأ من مائة من الخطا
السابق فى تقاسيم دائرة ح خ فاذا لم يتجاوز الخطأ الحاصل على ح خ
جزأ من الف من متر فلا يمكن ان يتجاوز الخطأ الحاصل على آ ب جزأ من

مائة من مليمتر اعنى انه لا يجاوز طولا اقل من الطول الذى يعرف مقداره بمزيد الالتفات وامعان النظر

واذا ادرنا دائرة ح خ بحيث يكون الدليل الثابت الذى هو ز مقابلا بالتوالى للتقاسيم القريبة جدا من هذه الدائرة وهى ١ و ٢ و ٣ الخ فانا نقسم مستقيم ا ب الى اجزاء صغيرة جدا بحيث لا يدرك ما بينها من الاختلاف فى التساوى وقد تكون الآلات المعدة لتفصيل البريمات متناسبة على حسب النسب التى يلزم جعلها بين التقاسيم الطولية لخط ا ب وتقاسيم دائرة ح خ وينبغى ان نبين للتلامذة تلك الآلات بيانا شافيا فنقول

تختلف البريمات كثيرا على حسب شكل البرمات فتارة يكون قطع البرمة العمودية على الحلزون المولد مثلثا متساوى الاضلاع وتارة يكون مربعا وهذا هو الذى يحدث عنه البريمات ذات البرمة المثلثية (شكل ٥) والبريمات ذات البرمة المربعية (شكل ٦)

وتستعمل البريمات لتقريب القواعد والاسطوانات المتوازية من بعضها اولابعادها بحيث لا يحصل تغير فى توازيها ولنتصور الآن بريمتين متساويتين تكون كل واحدة منهما فى طرف اسطوانتين موضوعتين وضعا منتظما بحيث اذا ادرنا البريمتين يجعلان محورى الاسطوانتين قريبين او بعيدين من بعضهما فاذا ادرنا البريمتين بكمية واحدة فان الاسطوانتين يقربان او يبعدان من بعضهما على حد سواء لكن المسافة المقطوعة بالدليل الثابت فى كل بريمة يمكن ان تكون اكبر من خطوة البريمة بمقدار ١٠٠ و ٢٠٠ و ٣٠٠ وحينئذ لا يحدث عن المسافة المقطوعة بالدليل لاجل ابعاد الاسطوانتين اوتقريبهما من بعضهما الا ١٠٠ او ٢٠٠ او ٣٠٠ وهو اقل من الخطوة المذكورة ويعلم من ذلك تنظيم بعد الاسطوانتين مع غاية الضبط ولهذا فى كثير من العمليات اهمية عظيمة تتعلق بالصناعة

ويمكن اجراء عمليات اخرى من هذا القبيل لقياس الاطوال اوجوبها مع غاية

الضبط

الضبط الذي لا يمكن الوصول اليه بمجرد حاسة البصر ويظهر في هذا المعنى من صناعة الات النظر وعلم الهندسة امثلة جمة ناشئة من استعمال بريمات التجاذب

فاذا كان المطلوب جعل آلة لها ثلاثة ارجل او اربعة بحيث يكون سطحها مستويا فاننا نجعل تحت كل واحدة من هذه الارجل بريمة تجاذب نديرها مع التدريج يمينا او شمالا على حسب انخفاض الآلة او ارتفاعها من جهة احدى هذه الارجل فبذلك تقرب الآلة من الوضع الحقيقي بدرجات دقيقة جدا وبهذا تقف في المكان اللازم وقوفها فيه مع غاية الضبط وهنا لك بريمات تجاذب في الآلات ذات الانعكاس تستعمل لاجل وضع المرآة في وضعها الحقيقي وبريمات اخرى لتقريب بعض اجزاء من الآلات من بعضها او لفصلها عنها وغير ذلك

وقد يرى في الامور الطبيعية عدة نباتات سارية على صورة شكل حلزوني ترتفع حول اسطوانة منتصبة كجذع شجرة كبيرة او صغيرة او حول وتد بسيط فترسم شكلا حلزونيا وفي بعض الاحيان يتفرع عن النبات اغصان طويلة جدا متعلقة بنقط الارتباط المتفرعة هي عنها بواسطة الياف تنثني على صورة شكل حلزوني وقد يكون في النباتات والاشجار عروق باطنية ملتفة ايضا على صورة شكل حلزوني وهنالك عدة نباتات فروعها واوراقها وثمارها خارجة عن الفرع الذي يحملها على حسب اتجاه حلزوني

(بيان اجراء العمليات)

قد يستعمل في الفنون تلك الاشكال الحلزونية الموجودة في النبات اما لاجل ربط الاجسام او ادخالها في بعضها

فمن ذلك ان ارباب الجراحة اذا ارادوا لف عصابات على اعضاء صورتها تقرب من شكل الاسطوانات كالاصابع والسيقان والاذرعة فانهم يلفونها بعصابات يكون اتجاهها حلزونيا ليستروا بالتدريج مسافة من العضو اعرض مما تستره العصابة التي يسهل بعد ذلك امساكها بادني رباط

وسنتكلم تفصيلا على الخـاربر والمثاقيب وبريمات فتح السدادات عند الكلام على الخواص الميكانيكية للبريمة والخاربور فى المجلد الثانى فى مبحث شرح الآلات

(بيان الاعمدة الملتفة)

يترآى لنا ان بعض جذوع الشجرة التى اذا التف حولها غصن من نبات القسوس التفافا حلزونيا يحدث عنه انضغاط بحيث لا يمكن تجسيم الجذع الابين ادوار هذا الحلزون و يتشكل بشكل البريمة ذات البرمة المربعة وهذا هو ارنيك الاعمدة الملتفة (شكل ٨) وهى اعمدة غير ساذجية وليس لها متانة الاعمدة العادية وبسبب ذلك لا تعجب الاضعفاء العقول

واظرف زينة جديرة بالفنون المستظرفة هى اكاليل الازهار التى تلتف التفافا حلزونيا حول اعمدة منتظمة او حول أثواب خفيفة تلبسها العذارى لاجل الزينة فى المواسم والرقص ولنرجع الى ما كنا بصدده من العمليات المفيدة فنقول

(بيان الامبيق الملتوى)

الامبيق هو آلة (شكل ٩) مضاهية من حيث شكلها لبريمة فتح السدادات الا انها مجوفة وغير مصمتة وهى حادثة من حركة دائرة يجوب مركزها خطا بريميا ويمكث مستو يها عموديا عليه فاذا تصاعد السائل بالتقطير ومر فى الملتوى المنغمس فى برميل مملوء بالماء فان البخار يتكاثف ويصل الى اسفل الملتوى ويستحيل الى مائع مبرد ثانيا وبهذا الوجه يتكاثف العرق وغيره من الارواح المتحصلة بالتقطير

وقد يصنع كل من صانع الحصر وصانع البرانيط المتخذة من الخوص اسطوانات (شكل ١٠) من الضفائر الضيقة المسطحة التى اذا اتحد سمكها من جميع جهاتها تهادلت على راقات ا ا ـ ب , ب ـ ـ ت ت ونحو ذلك (شكل ١) واذا التفت الراقات على صورة محيط الاسطوانة وخيطت بجانب بعضها ضلعا بضلع فانه يحدث عنها مع الاحكام سطح اسطوانى و يمكن

باستعمال مثل هذه الطريقة ان تصنع ايضا مستويا او مخروطا او كرة بان تشد قليلا احد طرفى الضفيرة او تضيق قليلا الطرف المقابل له
وكلما ضاقت الضفيرة ولزم شد احد اضلاعها او تضييقه قرب السطح المصنوع من الصورة الدقيقة المطلوبة * واستكمال صناعة البرانيط الطريقة المتخذة من الخوص ببلاد فلورنسة منحصر فى التسوية بين الضفائر فى الاتساع ومتانة الضفر وقلة عرضها ودقة الخوص وحسن منظر النسيج المنتظم
و يستعمل كثيرا اصناع الآلات اليايات ذات الشكل الحلزونى التى سنبين ما ينشأ عنها من الفوائد عند ذكر مرونة الاجسام ومن هذا القبيل ياى العربات
وهنالك اشخاص يلتف شعرها طبيعة على شكل حلزونى ومنهم من يجعل شعره ضفائر ويلفه على اسطوانة حارة صغيرة القطر او يطويه على صورة حلزون ويضعه فى غلاف من الورق يسمى ملفا ويحصره بين ماشة من الحديد محماة فتزيل حرارتها الرطوبة التى تكون فى الشعر وتساعد فى ارتخائه وتجعله مسترسلا على صورة خط مستقيم ويحصل له بسبب الضغط انحناء حلزونى يحفظ تجعيده زمنا طويلا على حسب طبيعته وحالة الجو
والغرض من فن تزيين الرأس وتحسينها المسمى عند العامة بالسبسبة وكذلك فن التصوير فى صورة ما اذا اريد جمع خصلة شعر على هيئة مستحسنة هو نظم الشعور وجعلها على صورة اشكال حلزونية ثم جعلها ضفائر او غدائر تتحد مع بعضها بحيث يحدث عنها مجموع يلايم ما هو مطلوب من الزينة ويلايم ايضا هيئة الشخص الذى يتزين بهذه الكيفية ومن هذا القبيل اغلب زينات اليونان والرومان فان الاشكال الحلزونية موجودة عندهم فى هذا المعنى على احسن وجه واتم نظام
وها نحن شارعون فى ذكر نوع من الحلزونات اهم من اغلب ما ذكرناه من الامثلة وهو الخيوط والحبال فنقول
قد يصنع لاجل النسيج والحبال خيوط رفيعة او غليظة من التيل والكتان

ومن ليف بعض الاشجار ونحو ذلك ويستعمل لذلك ايضا الشعر النباتى اى القطن وكذلك الصوف وغيره من شعور الحيوانات

ويلزم قبل صناعة الخيوط ان تجعل خيوط اول مادة متوازية بواسطة المشط او الشيتة وتقسمها الى اجزاء رفيعة جدا ومتساوية بقدر الامكان فى الغلظ والطول

(بيان غزل التيل والكتان)

يستعمل فى هذا الغزل اولا المغزل وكيفية ذلك انه بمجرد برم الخيط يلف على المغزل ثم يشبك على السنارة التى فى رأس المغزل بطرف الفتلة وتبرم الغزالة طرف المغزل باصبعها برمة قوية فتصل قوة البرم الى جزء الخيط الذى لم يلف على المغزل وهو جزء تمده الغزالة بان تجذب بيدها اليسرى الخيوط المتوازية من الركة فتتشكل هذه الخيوط بشكل حلزونى

ولما كان المغزل ابطأ جميع آلات الغزل اقاموا مقامه دولابا بسيطا (شكل ١١) فيحركه الغزال بيده او رجله فبمجرد فتل الخيط يلتف على المغزل الذى هو فى الحقيقة مغزل ميكانيكى ويحصل البرم بنفس الدولاب وليس على الغزال الا جذب الخيوط المتنوعة من الركة ليجعلها منتظمة فى وضع يصلح لان يحدث عنه خيط متحد الغلظ من جميع جهاته وذلك ان الخيط يلف على الدولاب المذكور بواسطة اجنحة (شكل ١٢) ذات كلاليب وتكون هذه الاجنحة ثابتة على محور م ﻫ الذى يمر من خلال المغزل او الاسطوانة المتخذة من الخشب مثل و ض وعليه يلتف الخيط ثم تسير الاسطوانة بحيث تكمل الدور فى اسرع مما تكمله الاجنحة بمعنى انها تستغرق زمنا اقل من الاجنحة ولهذا كان الخيط الذى يلتف على الاسطوانة مجذوبا بالاسطوانة المذكورة ويلتف عليها مع التدريج

ولاجل الوقوف على حقيقة ذلك نفرض ان الاسطوانة تحدث خمسة ادوار كاملة وقت أن تحدث الاجنحة اربعة ادوار فاذن يلزم ان الخيط يلتف دورا كاملا حين تدور الاسطوانة خمسة ادوار والاجنحة اربعة وهذه الادوار المختلفة

تحدث عن الطارة الكبيرة لدولاب و ا ب (شكل ١١) فحينئذ تكون نسبة قطرى طارتى م د و ح غ لبعضهما كنسبة ٤ : ٥ وكل من حبلى ا م د ب و ا ح غ ب المشدودين على حلق الطارتين الصغيرتين والطارة الكبيرة يقطع مسافة واحدة على حلق ا ب بخلاف ما اذا دار الحلق فان دولاب م د يدور خمسة ادوار حين يدور ح غ اربعة وهذه هى النسبة التى يلزمنا اثباتها وقد خلت قرون عديدة قبل ان يخترع الناس هذه الآلة التى يوجد فيما ابتدعه المتأخرون ما يفوقها ويعلو عليها

(بيان غزل الصوف والقطن)

كيفية ذلك ان يصنع اولا بواسطة الكردات طرحات متسعة متحدة فى العرض والدقة ثم تمتد فيحدث عنها سلب على شكل الاشرطة الضيقة يستحيل بواسطة برمة خفيفة الى اسحبة ثم تؤخذ هذه الاسحبة وتبرم باليد او بالالة على التدريج بجانب بعضها بحيث يلتف بعضها على بعض كلما ادخلت فى الاسطوانة المسماة شلندرا حتى تكون متساوية فى البرم بمعنى اننا نبرمها برما يكون متحدا فى سائر جهاتها لجموم الخيوط المبرومة وذلك ليكون الخيط متساوى الغلظ من سائر جهاته ويحدث عن كل خيط فى هذه البرمة المستمرة شكل حلزونى يسمى عند ارباب هذه الصناعة بالقانوس يكون محوره نفس محور الشلندر الذى يرسمه الخيط فى نزوله

واما الدولاب العادى المستعمل لغزل القطن فانه يتركب من طارة كبيرة مثل و ا ب (شكل ١٢) ومن قضيب يعرف عندهم بالمردن له بكرة صغيرة مثل ث د ومن طرف متواصل مثل ا ب ث د فيتلقى هذا المردن الخيط كما يتلقاه المغزل ويمتد الخيط المذكور على هيئة السحيب فى الجزء الذى لم يصل اليه البرم وتضغط الغزالة هذا السحيب على بعد مناسب من المردن وتدير بيدها طارة ا و ب الكبيرة وهى قابضة بالاخرى على السحيب وتمده ليبعد عن المردن فان حركة الدوران اذا وصلت من الدولاب

الى السحيب تبرمه فيحدث عنه خيط تكون مباديه منحنية على صورة شكل حلزونى ويتوقف برم هذه الحلزونات على حالتين احداهما سرعة طارة او ب السابقة والثانية البطئ الذى يتدّ به سلب الكاردة ومتى صار جزء من السحيب خيطا غلظه وبرمه مناسبان فان الغزالة تعكس دوران الدولاب قليلا ليفك الحلزون المصنوع من الخيط على طرف المردن ثم تضع الخيط المذكور فى اتجاه عمودى على محور المغزل وتدير الدولاب على عكس الحركة الاولى فيلتف حينئذ الخيط على المغزل عوضا عن ان يبرم ويتكون عليه عدة حلزونات فيترآى حينئذ ان العملية بالطريقة الميكانيكية هى عين العمليات التى تجرى على مغزل الغزالة البسيط

وقد اقيم مقام برم المغزل عملية ميكانيكية وهى ابدع ما ظهر من الالات الجديدة الصالحة للغزل وكيفيتها ان توضع الطرحات الخفيفة بعد خروجها من الكاردات بين زوجين من الشلندرات المتوازية المرتبة على وجه بحيث يدور الزوج الاول منها اقل من الزوج الثانى والثانى اقل من الثالث وهكذا فاذن تمتد الطرحات بين الازواج الثلاثة من الشلندرات ثم تنقبض وتنكمش وحين تمر جملة من الشلندرات مركبة كالاولى من ثلاثة ازواج شلندرية يبرم ثانيا السلب المتخذ من القطن والصوف ثم يلف على المغزل

فاذا تم ذلك نضع جملة من المغازل على محاور قائمة منتظمة الترتيب على دولاب يقوم بجميع وظائف الغزالة لما انه يسحب الخيط ويبرمه ويلفه على المغزل ويحصل السحب المذكور هنا من ثلاثة ازواج من الشلندرات مختلفة السرعة فمن ثم يلتف الخيط على مغزل ذى جناح كالدولاب العادى وهذا ما يسمى بالدولاب المتواصل لان المغزل يتحصل عليه بحركة واحدة مستمرة

واما الدولاب المسمى ميل يونيه الذى على هيئة النول الذى تقدم ذكره فى الدرس الثانى فان السحب فيه ليس مقصورا على مجرد سرعة الحلج بل يكون ايضا على حسب تقريب المغازل التى يلتف عليها الخيط وابعادها على

التعاقب من السلندرات فاذا تباعدت المغازل عنها كانت الخيوط مسحوبة بخلاف ما اذا قربت فانها تلتف عليها ويحصل برمها حتى بلغت المغازل نهاية سيرها

ولدولاب الغزل الغليظ من المغازل ١٠٨ بخلاف دولاب الغزل الرفيع فان له ٢١٦ مغزلا يديرها معلم الدولاب ويكون بمعيته مساعدان من الوصالين لاجل ملاحظتها

فعلى هذا يكفي ثلاثة اشخاص لعمل عدة خيوط كانت قبل ذلك تستدعى ٢١٦ غزالة تغزل بالمغزل او الدولاب ويتحصل كل خيط فى اقل مما كان يستغرقه البرم باصابع الغزالة فهذه هى الفائدة العظيمة الناشئة عن عمليات الهندسة فى صناعة بجلة خيوط اسطوانية متحدة القطر اتحادا تاما من الالياف النباتية التى على شكل الحلزون

ويعلم التلامذة هذه العمليات اما باطلاعهم على الدواليب العادية او على دواليب الغزل التى على هيئة الانوال اذا امكن ذلك

ثم ان الحرير عند تولده من الدودة يكون منثنيا بصورة حلزون على سطح دوران يسمى بجوز القز واول عملية فيه يكون الغرض منها امتداد خيوط جوز القز المذكور وطيه على مكبة ثم يبرم يسيرا عند طيه على المكبة الثانية فاذا تم عمل الخيوط بهذه الطريقة فانها تبرم من جهتها الاولى بحيث ان جميع النقط التى كانت قبل البرم على هيئة خط مستقيم فوق سطحها الاسطوانى تصير على صورة شكل حلزونى ثم تجمع هذه الخيوط مثنى وثلاث ورباع مع برمها ثانيا على عكس البرمة الاولى وبهذه البرمة الثانية يحصل جزء من الاولى وتنثنى الخيوط على صورة شكل حلزونى بجوار بعضها ويسمى الحرير فى هذه الحالة باسم الحرير المبروم

ثم ان العملية التى ذكرناها انما تشبه العملية التى ينبغى اجراؤها فى صناعة الحبال المتخذة من التيل

فبواسطة برمين مختلفين تشتد اجزاء كل خيط فى جهة حتى ان الخيوط المنثنية

على شكل حلزونى تشتد فى جهة مخالفة للاولى وينتج عن التعادل الحاصل بين البرمين المذكورين ان الخيوط بانواعها لا تنحل كثيرا عند الضغط عليها بقوة اخرى عارضة ولا يمكن أن ابسط الكلام هنا فى هذا الشان لتعلقه بالعلوم الميكانيكية وخروجه عن الاصول الهندسية

ويصنع من التيل حبال رقيقة يقال لها فلاصة يبرم كل منها على حدته فى جهة واحدة ثم تبرم عدة منها معا فى الجهة المقابلة للاولى ليتكون منها حبال بسيطة تسمى بتوتا وبعد ذلك يبرم منها اثنان او ثلاثة او اربعة فى الجهة المقابلة للثانية اعنى فى نفس جهة برم الحبال الاول الرقيقة ليتكون منها ما يسمى بالكردونة ثم تبرم هذه الكردونات فى الجهة الثانية ثلاث اورباع ليصنع منها ما يسمى بالغومنة ثم تبرم هذه الغومنات ثلاث اورباع ايضا ليصنع منها ما يسمى بالغومنات الكبيرة

وتبرم قلوس الغلايين وتصنع من الغومنات وكذلك الرواجع وحبال المنورات الجارية فى السفن فانها تصنع من حبال الكردونة

وقد ابتدع الانكليز طرقا دقيقة لطيفة فى اجراء عملية فتل الخيط والحبال بواسطة آلات ودواليب وقد نتج عن الانتظام الهندسى الحاصل فى حركات هذه الالات ثمرات عظيمة فان هذه العملية المستكملة يكفى فيها لتحصيل القوة الاولى ثلث المواد التى كانت تلزم لغيرها من العمليات السابقة بل واقل من الثلث وهذا على حسب غلظ الحبال ونوعها وما ذكرناه كاف فى بيان ما ترتب على تبديل العمليات التى كانت بمحض اليد وكانت ثمرتها انما تحصل بالصدفة والاتفاق بطرق علمية من الفوائد المحققة الجسمية والثمرات العظيمة

وعلى ارباب معامل الحبال ان يبذلوا جهدهم فى مطالعة كتب علمية تتعلق بهذه الطرق الجديدة التى من فوائدها تقايل المصاريف والعمل وحصول ثمرات اتم وانجح مما كان سابقا من سائر الوجوه (راجع الجلد الثانى عند ذكر الالات

وهذا اوان الكلام على انواع السطوح المعوجة المستعملة كثيرا فى العمارات

المدنية

المدنية والبحرية وكذلك فى تركيب الالات ولا نتعرض من ذلك الالبيان السطوح الحلزونية المتولدة من حركة خط مستقيم اوقوس اى دائرة كانت

(بيان السطوح الحلزونية المستعملة فى السلالم)

من السطوح المختلفة المعوجة التى سبق ايضاحها فى الدرس العاشر السطوح التى تكون على صورتها السلالم المنعطفة الدائرة وهى السطوح الحلزونية

فقد يكون السطح الحلزونى من السلم الذى دورته مستديرة متكونا من حركة خط مستقيم افقى مستندا حد طرفيه على محور الدورة المستعمل حنية السلم والطرف الاخر منه مستند على حلزون مرسوم على حسب المحيط الداخلى من الدورة

فاذا كان ارتفاع درج السلم واحدا كان عرضها بالضرورة واحدا متساوى البعد من المركز وعلى ذلك اذا كان ا ب ث (شكل ١٤) هو الدائرة الدالة على قاعدة الاسطوانة التى هى حنية السلم فان كل دائرة مرسومة من مركز واحد كالاولى تقسم الى اجزاء متساوية بالمسقط الافقى لدرج السلالم

(بيان السطح الحلزونى لبريمة المهندس ارشميدس)

سطح السلم الحلزونى الذى على هيئة دورة مستديرة هو عين بريمة ارشميدس وانما سميت بذلك لان هذا المهندس الماهر هو الذى اخترعها وسنبين مع مزيد الاعتناء العملية التى اجريت فى شأن هذه البريمة لرفع المياه عند ذكر آلات رفع المياه (راجع الجلد الثالث)

وقد انتهزت الفرصة فى صناعة بريمات ارشميدس من الخشب وها هى الطرق التى استعملتها فى ذلك

وحاصلها انى قسمت اولا محيط ا ب ث (شكل ١٩) الى عدة اجزاء متساوية بقدر قطع الخشب التى اردت استعمالها فى صناعة دور كامل من الشكل الحلزونى

ثم قطعت مناشير مربعة قاعدتها و د ث وهى قطاع الدائرة الدال على احد الاجزآء المتساوية المصنوعة بالطريقة السابقة على الوجه الاسطوانى الذى مسقطه الافقى د ث ومددت خطا مستقيما مائلا فى اتجاه الخط البريمى الذى يرسمه السطح الحلزونى على اسطوانة ا ب ث د
وقسمت نصفى القطر اللذين هما و د و و ث الى اجزآء متساوية وهى د دً و دً دً الخ و ث ثً و ثً ثً الخ ثم نشرت بمنشار ثابت دائما على بعد واحد من نقطتى ث و د قطعة الخشب المربعة بحيث ان خط المنشار ينتهى الى نقطة د على القاعدة العليا من القطعة المذكورة متى انتهى ذلك الخط الى نقطة ث على القاعدة السفلى وان الخط المذكور ينتهى ايضا الى دً و دً على القاعدة العليا متى انتهى هذا الخط الى نقطة ثً و ثً على القاعدة السفلى فيكون كل من حطى المنشار ضلعا للمضلع الذى هو محيط المنحنى الحلزونى المرسوم على السطح الحلزونى المطلوب تحصيله
وازلت على التوالى الاخشاب الزائدة بفارة رقيقة جدا سلاحها مستدير وثابتة دائما على وضع افقى ولا تقف الا على حز المنشار المذكور فى ث د وعلى الخط القائم فى نقطة و لتصل الى السطح الحلزونى الاعلى من بريمة المهندس ارشميدس
وبعد ذلك وضعت فى جميع الجهات اوجه الالتحام على وجه عمودى فى و د و و ث مع الوجه الاعلا ثم مددت على اوجه الالتحام وعلى محيط ث د خطوطا مستقيمة متساوية من اسفل الخطوط التى تحدد الوجه الاعلى من البريمة الى اعلاها وبذلك امكننى عمل الوجه الاسفل بواسطة الطرق التى استعملتها فى عمل الوجه الاعلا
ولننبه هنا على ان المسطرة المثنية بلاقوة على محيط ا ب ث الاسطوانى بحيث تمر بنقطتى ث و د ترسم بواسطة محيطها قوسا كاملا من الخط

الحلزوني او من البريمي وذلك هو الواسطة في ضبط الطريقة التقريبية التي سبق ذكرها ضبطا تاما ولابد في ذلك من ان ننشر بالمنشار كثيرا من الخطوط الافقية التي تنتهي من جهة عند محور و ومن اخرى عند الخط البريمي المرسوم بالمسطرة المثنية

وينبغي لنا التنبيه على ان الالتحامات المصنوعة على وجه عمودي مع السطح الحلزوني هي في حد ذاتها مبادي السطح الحلزوني وعلى ان السطوح الاخيرة ترسم على الاسطوانات ذات القاعدة المستديرة خطوطا بريمية تقطع الخطوط البريمية التي رسمتها السطوح الاولى الى زاوية واحدة

واذا اريد ان اعلى القطع التي يتركب منها القلبة الحلزونية يكون له شكل كشكل السلم لزم ان يبقى الوجه الاعلا وهو و ث د على شكله المستوى الافقي والوجه المستقيم الخارجي وهو و د على شكله المستوى القائم وهذا اذا اقتصرنا على عمل سطوح الالتحام وسطح السلم الداخلي بالطرق التي ذكرناها (راجع الدرس العاشر)

وفي الغالب عوضا عن ان نصنع سلما منه مطفا دائر درجاته تصل الى حنية و المصمتة (شكل ١٤) نحدد درجاته في دائرة ا ث (شكل ١٥) التي تدل في صورة ما اذا كانت افقية على حدود من الخشب او الحجر بارزة من اعلا واسفل كل درجة وهي السلالم المتخذة من البريمات المنيرة

ويستحسن من هذا النوع عدة سلالم مصنوعة مع غاية الضبط في القهاوي الظريفة الموجودة بمدينة باريس وتلك السلالم التي لا مستند لها في الظاهر تدهش عقل الناظر بما هي عليه من الثبات والخفة

وهناك سلالم منيرة كما في شكل ١٦ ليست مستديرة الحنيات وايا ما كانت قاعدة ا ب ث د (سيأتي ما يفيد ان هذا الحرف الموضوع تحت الدال يدل على ان هذه القاعدة افقية) من الاسطوانة التي هي حنية السلالم نرسم دائما على محيط هذه الحنية خطا بريميا او حلزونيا يتقدم بجهة

محيط ا ب ث د تقدما يناسب الكمية التي يرتفع بها ذلك الخط
على وجه قائم ثم نمد من كل نقطة من هذا المنحنى خطوطا افقية كخط
اا و ب ب و ث ث الخ وعمودية على الاسطوانة التي قاعدتها
ا ب ث د ثم نجعل اا مساويا ب ب ومساويا ث ث
وهلم جرا ونرسم ا ب ث د الذي هو خط حلزوني ايضا وهو المحيط
الداخلي للبريمة المنيرة الحادثة عن السلم ولا تزيد الصعوبة في صناعة كل جزء
من السطح الحلزوني اوالسلم عما في (شكل ١٤ و ١٥)
واذا اريد ان نجعل للسلم صلابة متينة فانه في الغالب عوضا عن ان نرسم السطح
الاسفل بواسطة خط مستقيم افقي مستند على محور حنية السلم وعلى شكل
حلزوني مرسوم على طول الحنية ومتكئ عليهما معا نحدد هذا السطح
في الغالب بقوس دائرة كما في شكل ١٧ قطرها الخط الافقي المذكور
الموضوع في مستو قائم فيحدث عن هذه الكيفية سطح حلزوني ثابت
القطع من جميع جهاته
وفي بعض الفنون يلزم ان نفصل سطوحا حلزونية الشكل بدرج على مخروط
فالساعاتية يضيفون الى الاسطوانة اوالملف الذي يحتوي على زنبلك
الساعات مخروطا مفصلا بهذا الوجه على شكل سلم حلزوني كما في شكل ١٨
ويلفون سلسلة رفيعة مصنوعة صناعة جيدة من احد طرفيها على
الاسطوانة بحيث تكون على خط بريمي ومن الطرف الاخر على السلم المخروطي
فتعادل النسبة المختلفة التي بين قطر الاسطوانة وقطر المخروط في ارتفاعات
مختلفة نقصان قوة الزنبلك عند حله وبناء على ذلك ينتقل تأثيره بقوة لا تتغير
وسيأتي لذلك مزيد توضيح عند الكلام على قواعد الآلات راجع المجلد الثاني
من هذا الكتاب

(الدرس الثالث عشر)

(في بيان تقاطع السطوح)

اذا تقاطع سطحان فان جملة التحاماتهما المشتركة بينهما تسمى تقاطع السطحين وهو اما خط مستقيم او منحن على حسب شكل السطحين او وضعهما

ثم ان الاجسام التي تعينها اجزاء السطوح المتناسبة في شكلها واتجاهها تحدث في حدود هذه السطوح خطوطا بارزة اوداخلة وهي تقاطع السطوح المذكورة فلذا كانت الاضلاع القائمة من المنشور والهرم التي تفصل الاوجه المختلفة فيهما هي تقاطع السطوح الحادثة من الاوجه المذكورة

واما اذا قطع جسم جسما آخر وكان مغروسا فيه فان جزء سطح الجسم الاول يكون داخلا في الثاني ويكون ذلك الجزء الداخل منفصلا عن الجزء البارز بخط وهذا الخط ليس الا تقاطع سطحي الجسم الاول والثاني

مثلا (شكل ١) قد يكون المنشوري ا ب ث د ا ب ث ى و م ن ح خ و م ن ح خ اللذين يقطع احدهما الآخر خط تقاطع وهو محيط م ن ح خ الذي يفصل الجزء البارز من الجزء الداخل في الجسم الثاني

وفي الهندسة الوصفية من القواعد السهلة ما يكفي في تعيين المسقط الافقي والمسقط القائم من تقاطع السطوح فينبغي للانسان ان يعتني بمطالعة تلك القواعد حتى يكون له قدرة على رسم تقاطع جملة من السطوح ولنقتصر في هذا الغرض على ايضاح زبد هذا العلم مبتدئين بذكر تقاطع المستويات فنقول

انه لاجل بيان تقاطع سطحي المسقط اللذين احدهما قائم والآخر افقي تقسم الورقة الى قسمين بخط ا ب الافقي (شكل ٢) فالقسم الذي يكون في اعلا هذا الخط يدل على المستوى القائم من المسقط والقسم الاسفل يدل على المستوى الافقي منه وهذا المستوى الاخير يكون في العادة مستوى الارض ومن ثم يسمى العامة تقاطع السطحين الذي هو ا ب بخط الارض

ولكي يصير الرسم تاما ينبغي ان تثنى الورقة ثنيا عموديا فيكون خط ا ب عبارة عن اتجاه الانثناء ويصير الجزء الاسفل من الورقة افقيا والجزء الاعلا قائما ولا اقل من ان يلاحظ الانسان ذلك ذهنا ويدركه بداهة حين يرسم على المستويين المذكورين اجساما معلومة الوضع فمن ثم نرى تحت خط الارض مستوى العمارة وفوقه ارتفاعها مع ابوابها وشبابيكها وهلم جرا ومع كون الورقة المذكورة التي يرسم عليها المستوى والارتفاع المذكور موضوعة على طاولة افقية نفرض ان العمارة مرتفعة وانها قائمة وكذلك في صورة العكس وهي ان يكون رسم العمارة قائما بان يسمر على حائط فان المستوى يكون افقيا ايضا اذا كانت الاشياء المرسومة عليه روضة صغيرة او بستانا او نحو ذلك وينبغي ان يعاين التلامذة حقيقة المسقط الافقي والقائم للجوم والسطوح والخطوط البسيطة المرسومة فوق خط الارض او تحته ليرسموا ذلك على مقتضى ما عاينوه

ولاجل تعيين موضع اى نقطة توجد خارج مستوى المسقط تمد من تلك النقطة خطين مستقيمين احدهما عمود على المستوى القائم والاخر عمود على المستوى الافقي ثم نعين وضع موقع هذين العمودين على مستويي المسقط واذا اردنا اختصار طريقة الرسم وسهولة ادراكها وفرضنا ان نقطة ح هي النقطة الموضوعة في الفراغ المراد رسمها فاننا نكنى بنقطة ح ق (شكل ٢) عن مسقطها القائم وبنقطة ح ف عن مسقطها الافقي واعلم ان هذين الحرفين وهما ق و ف الموضوعين في اسفل حرف واحد او عدة حروف يدل احدهما وهو القاف على المسقط القائم والآخر وهو الفاء على المسقط الافقي للنقط والخطوط والسطوح والجوم المرموز اليها عند الرسم بهذين الحرفين

ولنفرض نقطة ح (شكل ٢ و ٢ مكرر) الموضوعة في الفراغ بمستو

عمودى على خط الارض الذى هو $\overline{اب}$ فيصير بذلك عموديا على مستويى المسقط فيكون حينئذ مشتملا على العمودين النازلين من نقطة $\overline{ح}$ احدهما على مستوى المسقط القائم والآخر على مستوى المسقط الافقى فاذا رسمنا مستطيلا كما فى (شكل ٢ مكرر) وكانت اضلاعه هذين العمودين وهما $\overline{ح ح_{و}}$ و $\overline{ح ح_{و}}$ اللذان هما تقاطع المستوى المحتوى عليهما مع المستوى القائم والمستوى الافقى تحصل معنا $\overline{م ح_{و}} = \overline{ح ح_{و}}$ و $\overline{م ح_{و}}$ $= \overline{ح ح_{و}}$ وبالجملة فاذا ادرنا مستوى المسقط الافقى لينطبق على الورقة المشتملة على المستوى القائم فانه فى هذه الحركة لايزال $\overline{م ح_{و}}$ و $\overline{م ح}$ عمودين على خط تقاطع مستويى المسقط وهو $\overline{ا م ب}$ وحينئذ لاجل ان يكون كل من نقطتى $\overline{ح_{و}}$ و $\overline{ح_{و}}$ (شكل ٢) مسقطا قائما ومسقطا افقيا لنقطة واحدة على الناظر ينبغى ان يكون مستقيم $\overline{ح_{و}}$ و $\overline{ح_{و}}$ عمودا على خط الارض المتقدم وهو $\overline{اب}$

ثم ان جزء $\overline{م ح_{و}}$ من هذا العمود هو البعد بين نقطة $\overline{ح}$ والمستوى الافقى وجزء $\overline{م ح_{و}}$ هو البعد بين نقطة $\overline{ح}$ والمستوى القائم

(بيان مسقطى الخط المستقيم)

اذا حدث عن تسلسل عدة نقط خط مستقيم مثل $\overline{ح خ}$ فان سائر الاعمدة النازلة من النقطة المذكورة على كل من مستويى المسقط يحدث عنها مستوثالث يقطع كلا من المستويين المذكورين فى خط مستقيم فاذن اذا كان هنالك مسقطان مثل $\overline{ح_{و} ح_{و}}$ و $\overline{خ_{و} خ_{و}}$ (شكل ٣) لنهايتى مستقيم $\overline{ح خ}$ فباتصال نقطتى $\overline{ح_{و} خ_{و}}$ و $\overline{ح_{و} خ_{و}}$ بخط مستقيم يحصل معنا مسقطا الخط المستقيم الذى هو $\overline{ح خ}$ وهما حادثان عن تقاطع

المستويات

ولاجل رسم مستوما بطريقة المساقط ينبغى سلوك طريقة اخرى
وحاصلها ان المستوى المطلوب رسمه يقطع كلا من مستويى المسقط على حدته
فى خط مستقيم ويقطعهما معا فى نقطة م (شكل ٤) الموضوعة على
خط الارض ويطلق اسم اثرى مستوى ح م خ على تقاطعيه وهما
ح م و م خ بمستويى المسقط

ويكون وضع المستوى محددا تحديدا تاما بوضع خطين مستقيمين يحتوى
عليهما فاذن يكون اثرا المستوى كافيين فى معرفة وضعه

ولنفرض الآن ان المطلوب تحصيل المسقط القائم المشار اليه بحرف ع ف
(شكل ٤) لنقطة ما كنقطة ع الموضوعة على مستوى ح م خ
متى عرفنا المسقط الافقى وهو ع ف لهذه النقطة فيكون اولا مسقطا ع ف
و ع ف لنقطة ع موضوعين ضرورة على خط عمودى على خط الارض
فاذا مددناه ورسمنا من نقطة ع على مستوى ح م خ خطا افقيا
كان موازيا للاثر ح م الافقى فحينئذ يكون مسقطه وهو ع م ف ف موازيا
لمسقط ح م الآن نقطة م ف الموضوعة على خط الارض وهو ا م ب
لا تنسب الا لنقطة م ف الموضوعة على مستوى المسقط القائم فاذن يكون
خط م م ف ف العمودى على ا ب محتويا على نقطة م ف التى مسقطها
الافقى م ف وهذه النقطة موضوعة على اثر م خ فاذن تكون فى نقطة
م ف فاذا مددنا خط م ع ف ف موازيا لخط ا م ب فانه يبين على المستوى
القائم مسقط م ع وحينئذ يكون المسقط القائم من نقطة ع موجودا
فى آن واحد على م ع ف ف وعلى ع ع ف ف فاذن يكون فى نقطة ع ف التى

هي تقاطع الخطين المستقيمين المذكورين وبناء على ذلك تكون نقطة ع ق
هي المسقط القائم من نقطة مسقطها الافقي ع ق

فاذا فرضنا ان اثار م ح و م خ و ض د و ض ط للمستويين (شكل ٥) معلومة وكان المطلوب معرفة تقاطع المستويين المذكورين نقول اولا حيث ان نقطة د ق مشتركة بين الاثرين القائمين فانها تنتسب للتقاطع المذكور وحيث انها موضوعة على المستوى القائم فانها تسقط في نقطة د على خط الارض الذي هو ا ب وثانيا حيث ان نقطة ه ق مشتركة بين الاثرين الافقيين فانها تنتسب لتقاطع المستويين المذكورين وحيث انها موضوعة على المستوى الافقي فان مسقطها القائم وهو ه ق يكون موضوعا على خط الارض المذكور فتحصل حينئذ نقطتان للخط المستقيم الذي يتقاطع فيه المستويان المذكوران وهما اولا نقطة د ق و د ق وثانيا نقطة ه ق و ه ق وبناء على ذلك يكون مسقطا الخط المستقيم الذي ينسب اليه النقطتان المذكورتان هما مستقيما د ق ه ق و د ق ه ق وهذا هو خط التقاطع المطلوب

(بيان مسقطي كثير الاضلاع)

يكون مسقطا كثير اضلاع ا ب ث د ه (شكل ٦) المحدود بخطوط مستقيمة مضاعين عدد اضلاعهما واحد وهما ا ق ب ق ث ق د ق ه ق ا ق ب ق ث ق د ق ه ق اللذان رأساهما المتقابلان موضوعان على خطوط ا ق ا ق و ب ق ب ق الخ القائمة

وحيث ان تقاطع المستويين يكون دائما خطا مستقيما مسقطاه مستقيمان ايضا ينتج ان الجسم المحدد باوجه مستوية يكون كذلك محددا باضلاع

مستقيمة وهى تقاطع الاوجه المذكورة وبين هذا الجسم بان نرسم على الورقة الخطوط المستقيمة التى هى مساقط كل ضلع فتكون الرؤس التى تحدد كل ضلع موضوعة على قائم واحد فى مستوى المسقط

فلذا كان هرم ض ا ب ث (شكل ٧) مرسوما على وجه افقى وقائم بمساقط اضلاعه وكانت الرؤس المتناظرة موضوعة فى نقطة ض ض
ا ا ب ب ث ث على مستقيمات ض ض
و ا ا و ب ب و ث ث العمودية على خط الارض الذى
هو م ن

ثم ان الهندسة الوصفية تفيدنا بواسطة تقاطع المستويات والخطوط المستقيمة تحديد طول الخط المستقيم المعلوم المسقطين ومسطح شكل مستو معلوم بمسقطى محيطه والزاوية المتألفة من خطين مستقيمين مسقطاهما معلومان والزاوية المتألفة من المستويين المعلوم اثراهما الافقيان والقائمان واقصر بعد بين الخطين المستقيمين المعلومين بمسقطيهما والزاوية التى تحدث عن خط مستقيم معلوم بمسقطيه ومستو معلوم باثريه وهلم جرا وينبغى فى دروس رسم الخطوط ان نوقف التلامذة على حل تلك المسائل

وبواسطة حل المسائل المذكورة يمكن للصناعية اجراء جملة عمليات فى الفنون المهمة جدا كالبناء وقطع الاحجار وفن النجارة المدنية وعمارة السفن والآلات والحرف وغير ذلك

ويمكنهم زيادة على رسم المستويات الافقية والمساقط القائمة للعمارات والسفن والآلات ونحو ذلك ان يصنعوا مع السهولة من هذه الاشياء قطعا بواسطة اى مستو كان ويحدث عن مستوى هذا القطع عند ملاقاته لخطوط مستقيمة مرسومة بمساقطها الافقية والقائمة نقط وزوايا يمكن تحديدها ويكون تقاطع المستويات المتنوعة المعلومة باثارها مع مستوى القطع خطا مستقيما ويبين التلامذة هذه الخطوط المستقيمة ويرسمون رسما تاما جميع اجزاء

العمارة التى ليست مركبة من عدة خطوط منحنية

مثلا يرسم النجار مع الدقة سائر اجزاء اخشاب الارضية او السقف المستوى فيتحصل عنده بواسطة الفصول والقطوع اشكال وابعاد كل قطعة من الخشب مثل الكتلة والبرطوم والمربوعة ونحو ذلك وتكون هذه القطع محددة باوجه مستوية وباضلاع مستقيمة ويرسم مساقط الاضلاع المذكورة فتتلاصق القطع المختلفة المذكورة ببعضها وتكون الخطوط الدالة على وضع التلاصق هى تقاطع الاوجه المستوية من قطع الخشب الملتحمة ثم يحدد التقاطعات المذكورة بواسطة الطرق السهلة التى ذكرناها آنفا وحيث ان اوجه قطع التخشيبة كلها ليست قائمة الزوايا لزمه ان يقيس الزوايا المتألفة من الاوجه المختلفة من قطعة واحدة والاوجه المتناظرة من عدة قطع متلاصقة و يبحث عن اتجاه كل وجه من هذه القطع وطوله وعرضه

فاذا سلك النجار الماهر على هذا المنوال من غير ان يتردد فيه فانه يصل بواسطة المساقط والقطوع الى تحديد جميع الاجزاء المستقيمة من تخشيبة اى عمارة كانت

ومن هنا يعلم ان النجار الماهر الذى يرسم مع الفطانة والدقة كل قطعة من قطع التخشيبات ويرسم مجموعها له دائرة واسعة فى المعارف الهندسية وليس بلازم ان يسمى الخطوط والسطوح والمجسمات بالاسماء المصطلح عليها عند المهندسين المقررة فى كتبهم بل يكفى ان تكون القواعد العلمية على حالة واحدة بدون اعتبار للاصطلاحات الطارئة فى شأنها فان العلم اذا تعاطاه الناس باللغة الدارجة بينهم لا تقل بذلك منفعته ولا ينقص قدره

ويمكن ان نطبق الملحوظات التى ذكرناها فى شأن معارف النجار على معارف نحات الاحجار فنقول انه يلزم لنحات الاحجار ان يجهز الاحجار الاصلية التى تتركب منها العمارة المراد انشاؤها مع الضبط على اى شكل كان بحيث يتحصل عن تلك الاحجار اذا وضعت متلاصقة او بعضها فوق بعض مع الانتظام التام والمتانة والصلابة الاشكال التى عينها المعمرجى بمستوياتها وارتفاعاتها وعند انتهاء

المساقط الافقية والقائمة يقسم الجدران بعدة مستويات قاطعة فيكون حينئذ شكل احجار الدستور محددا اولا بالاوجه الخارجية والداخلية للجدران وثانيا بالمستويات القاطعة التى يطلق عليها اسم مستويات الالتحام لانه بحسب هذه المستويات تلتحم الاحجار المذكورة ببعضها

ويسهل رسم احجار الدستور المعدة للاسوار المنتصبة العادية حيث انها على هيئة اشكال متوازية السطوح اوجهها المتلاصقة عمودية واضلاعها المتقابلة متوازية لكن اذا كان فى الجدران ميل وحدث عنها زوايا غير قائمة لزم ان يكون نحت الاحجار على صورة اشكال ادق واصعب من الاولى وان تحدد الزوايا التى تحدث عن الاوجه المائلة مع الاوجه الافقية وكذلك زوايا الاضلاع التى على استقامة السور تحدد مع الاضلاع التى على اتجاه السور الملاصق له وهكذا ويلزم فى الغالب ان اعلا الابواب والشبابيك وان كان مستويا يكون مصنوعا من عدة احجار متلاصقة اعلاها اعرض من اسفلها لئلا يفضى بها ثقلها الى السقوط ويلزم ايضا بعد ذلك تحديد زوايا اضلاع الاحجار واوجهها وابعادها وغير ذلك وتحل هذه المسائل بطرق تقاطع السطوح

ويلزم أن نعلم التلامذة المعدين لبناء العمارات وهندسة الابنية ورسمها قطع ارانيك القبب والابواب والشبابيك والسلالم وغير ذلك من الجسم على ابعاد متناسبة بان يجعلوا لكل حجر من الاشكال ما يلايمه ويحددوا احجام كل حجر واضلاعه على وجه هندسى وهذا هو غاية ما يمكن ان نوصى به من يمارس هذه العملية ومن المرغوب انه عند تعليمها تنظم الخطوط المراد قطعها على حسب تنظيم السطوح المستوية والاسطوانية والمخروطية والمنتشرة والمعوجة والدورانية وغير ذلك من السطوح التى استحسن وضعها فى هذا الكتاب ويلزم ايضا تعليمهم كيفية قطع ارانيك النجارة النقية وغيرها كتعليمهم ارانيك قطع الاحجار وبهذه الطريقة يصير التعليم كثير الافادة واسرع من غيره

(بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات)

(مع السطوح المنحنية)

سيأتى الكلام على هذه السطوح فى مبحثها وانما نتكلم هنا بالترتيب على تقاطع الخط المستقيم والمستوى مع السطوح الاسطوانية والمخروطية والمنتشرة والمعوجة وسطوح الدوران وغير ذلك فنقول

(بيان كيفية رسم مسقطى الاسطوانة)

لاجل تحصيل هذين المسقطين يرسم على احد مستويى المسقط كالمستوى الافقى مثلا اثر الاسطوانة المذكورة اى تقاطعها مع المستوى المذكور ولا يخفى انه اذا كانت جميع اضلاع الاسطوانة متوازية تكون مساقطها بالضرورة متوازية فبمجرد تحديد اتجاه ث ث (ف ف) و ث ث (ق ق) لمسقطى اى ضلع كان (شكل ٩) ينتج لنا اتجاه مساقط الاضلاع الآخر ويكتفى عادة فى رسم المسقط الافقى والمسقط القائم ببيان الاضلاع المتطرفة وهى ا ا (ق ق) و ه ه (ق ق) و ب ب (ف ف) و د د (ف ف).

(بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى)

اذا علم اثر المستوى ومسقطا الخط المستقيم علمت كيفية تحديد تقاطع الخط المستقيم المستوى واذا اجريت العملية فى شأن الاضلاع المختلفة من الاسطوانة حدث عن كل ضلع نقطة التقاطع التى تسقط على وجه افقى ومنتصب ويتألف عن مجموع هذه النقط خط منحن افقى وخط منحن قائم وهما مسقطا خط التقاطع المطلوب

واما عمليات الفنون فالغالب فيها ان يرسم التقاطع على نفس السطوح بوضعها فى مقابلة بعضها ولنفرض ان تكون الاسطوانة (شكل ١٠) انبوبة وجاق شكلها اسطوانى وان يكون المستوى لوحا من صفائح الحديد تقطعه الانبوبة فنضع تلك الانبوبة فى نفس الاتجاه الذى يلزم لها ولكن نؤخرها على قدر الكفاية حتى لا تمس المستوى الذى تقطعه وبعد ذلك نأخذ مسطرة ونجعلها مقابلة للاسطوانة على حسب اتجاه اضلاع هذا السطح ثم نقدمها او نؤخرها حتى يمس احد طرفيها اللوح الصفيح وبالجملة فنبين اكل

من اوضاع هذه المسطرة اتصاله باللوح المذكور فيكون مجموع النقط المعينة على هذا الوجه هو منحنى تقاطع السطحين اى الانبوبة ولوح الصفيح ولنفرض انه يؤخذ على المسطرة طول ثابت مناسب ابتدآؤه من الطرف الذى يمس دائما لوح الصفيح ونعين نقطة اخرى على الاسطوانة اوالانبوبة مقابلة للطرف المذكور فيحدث عن تسلسل النقط الجديدة المرسومة بهذه الكيفية خط منحن وهو خط تقاطع الاسطوانة مع المستوى ولننقل مع التوازى لوح الصفيح اوالاسطوانة فينطبق بمقتضى تساوى المتوازيات الموجودة بين خطين متوازيين المنحنيان المرسومان احدهما على المستوى والآخر على الاسطوانة على بعضهما انطباقا كليا ويمتزجان معا وبعد رسم هذين المنحنيين نقطع بحسب محيطهما الاسطوانة اوالمستوى اوهما معا على حسب الغرض المقصود من هذه السطوح

وهذه الكيفية ارجح من غيرها الضبطها وصحتها مهما كان شكل الاسطوانة ولو كان لوح الصفيح على شكل منحن عوضا عن ان يكون على شكل مستو

(بيان اجرآء العملية فى انشاء السفن)

يستعمل النجارون هذه الكيفية فى رسم منحنى تقاطع سطح مقدم السفينة وسطح طبقاتها مع سطح الصوارى وفى ثقب بكرات الصارى

(بيان اجرآء عملية تقاطع الاسطوانات مع الظلال)

اذا قطع السطح المحدد باضلاع متينة اشعة ضوء الشمس ومد من كل نقطة من محيط هذا السطح خط موازللاشعة الشمسية حدث عن جميع المتوازيات اسطوانة تفصل خلف السطح المذكور الجزء المظل من الجزء المضى فاذا كان خلف الاسطوانة جسم حال بتمامه فى هذا الظل فان الشمس تكون مختفية بالكلية ومحجوبة بالسطح الذى يحصل عنه الظل بخلاف ما اذا كان جزء فقط من هذا الجسم فى الظل واريد تحديد تقاطع سطح الجسم مع الاسطوانة فان المنحنى المحدد بهذا الوجه يفصل على الجسم الجزء المظل من الجزء المضى وبذلك

يحصل

يحصل معنا خط انفصال الظل والضوء على الجسم المظلم بواسطة منحنى تقاطع سطح هذا الجسم مع الاسطوانة التي تعين في الفراغ حد الاشعة الشمسية المحجوبة بالسطح المظلم

ولنأخذ مسطرة ونجعلها موازية دائما للاشعة الشمسية ثم نضعها من احدى جهتيها على السطح الذي يحصل عنه الظل ومن الاخرى على الجسم المضيء جزؤه فيرسم كل وضع من المسطرة نقطة على الجسم المتقدم ويصير اجتماع النقط المرسومة على هذا الوجه هو خط انفصال بين الظل والضوء

ولا بد ان يكون للرسامين والمصورين والنحاتين المام تام بالاسطوانات التي يخرج منها ظلال الاجسام ومما لا بد منه ايضا ان يعينوا بواسطة طرق مساقط السطوح وتقاطعها صورة ظلال عدة اجسام مختلفة الوضع والصورة على اجسام اخر متنوعة الصور والاوضاع فبذلك يكتسبون عملية مضبوطة صحيحة في شأن تأثير ضوء الشمس الخاص بشكل الظلال وبمعرفتهم لهذه العملية تمنعهم غالبا من الوقوع في الخطا الفاحش الذي يمكنهم اجتنابه اذا كان لهم ادنى المام بالهندسة التي لها دخل في فنونهم

ويلزم ضبط الظلال لاسيما في رسم البناء الذي يكون فيه لسائر الاجسام المرسومة كالاسوار والاعمدة والقبب والقبوات اشكال هندسية دقيقة فيلزم اذن للمعمرجي الذي يريد رسم ظل مستوياته ليعرف تأثير الظل والضوء اللذين يحدثان عن مبانيه أن يتعود على تحديد سائر الظلال مع الدقة التامة

ونفرض في رسم العمارات ورسم الآلات ان الاشعة الشمسية تكون مائلة بمقدار ٤٥° عند نزولها من اليسار الى اليمين ومتى رسمت الاجسام بالخط دون البوية عينا بشرطات غليظة المحيطات المتصلة بالاوجه الموضوعه في الظل وعينا ايضا بشرطات رفيعة المحيطات الفاصلة بين الاوجه المضيئة وهذه الاشارة تكفي في التمييز بين هذه الاشكال المحدبة والمجوفة ولولاها لالتبست بعضها عند رؤية رسمها بالخط

فلذا كان بمجرد اختبار الاضلاع المظلمة والاضلاع المضيئة (شكل ١١) يدرك ان فى ا ب ث د بروازا محدبا وفى ا ب ث ى بروازا مجوفا وبما لابد منه للتلامذة الذين يرسمون العمارات والآلات ان يتعودوا مع النشاط على تبيين الخطوط الرفيعة والخطوط الغليظة لانه عند امتزاجها ببعضها تلتبس الاشكال المحدبة بالاشكال المجوفة وبالعكس

(بيان اجراء العملية فى علم المنظر)

اذا اريد رسم ظل عمارة من بعد فانه ينبغى تعيين نقطة اجتماع سائر الاشعة المتوازية بمقتضى الطريقة العامة المذكورة فى الدرس التاسع المتعلقة بنقط الاجتماع فبمجرد ما يتحصل معنا منظر اى نقطة ينتج بوصل تلك النقطة على اللوح بنقطة اجتماع الاشعة الشمسية منظر الشعاع المار بالنقطة المفروضة واذا كانت النقطة المذكورة مظلمة فانه ينتج منظر ظلها وقد يكون ظل الخط المنحنى المنظور من بعيد جملة خطوط مستقيمة تنتهى كلها بنقط الاجتماع كاضلاع المخروط

(بيان تقاطع المخروط والمستوى)

هذه التقاطعات المسماة بالقطوع المخروطية لها فى صورة ما اذا كان المخروط مستديرا او مائلا او قائما اهمية عظيمة جدا فى العلوم والفنون ولها فى الهندسة مبحث مستقل مهم كمبحث المثلثات و يعتبر كانه سلم يتوصل به من مبادى الهندسة الى مطولاتها

ولا يليق بهذا المبحث ان نتعرض لبسط الكلام على اصول اشكال القطوع المخروطية وتطبيقاتها الاصلية وانما نسلك فى ذلك مسلك الايجاز فنقول نعين المساقط الافقية والقائمة لتقاطع المخروط بالمستوى كما فعل ذلك فى الاسطوانة وذلك بان نعين المسقط الافقى والقائم لتقاطع هذا المستوى بكل ضلع من اضلاع المخروط فيكون المنحنى المار بالنقط المعينة بهذه الكيفية فى حال وضعه على مستويات المساقط هو المسقط المطلوب تحصيله

ولنأخذ المخروط البسيط المنتظم وهو المخروط القائم المستدير كما فى

(شكل ١٢)

(شكل ١٢) فتكون جميع خطوط تقاطعه بمستويات موازية للقاعدة دوائر كالقاعدة المذكورة وقد تكلمنا في الدرس الثالث على خواص الدائرة ومحيطها ولم يبق علينا الا القطع الناقص والقطع المكافىء والقطع الزائد ولنتكلم عليها على هذا الترتيب فنقول

(بيان القطع الناقص)

اذا قطعنا المخروط بمستوى ح خ (شكل ١٢) المائل على المحور وكان هذا المستوى قاطعا لسائر اضلاع المخروط فان القطع المخروطي الحادث بهذه الكيفية يكون قطعا ناقصا وهو خط منحن متصل ببعضه من سائر جهاته بحيث لا يرى فيه انفراج وهاك خواص القطع الناقص الاصلية

وحاصلها ان هذا الشكل له مركز في نقطة و (شكل ١٣) ومحوران مثل ا ب و ث د يتقاطعان في زاوية قائمة وكل خط مثل ض و ط ممتد من مركز و ومنته الى محيط القطع الناقص يكون منقسما بالمركز المذكور الى قسمين متساويين وهو قطر يقسم ايضا القطع الناقص الى قسمين يمكن انطباق احدهما على الآخر بقلب هذا القطر طرفا على طرف

وكل من المحورين المذكورين يقسم القطع الناقص الى قسمين متماثلين وكل خط مثل م ح ن عمود على احد المحورين وهو ا ب يكون منقسما بهذا المحور الى قسمين متساويين مثل ح م و ح ن وبناء على ذلك اذا ادرنا نصف القطع الناقص وهو ا ث ب حول ا ب الذي هو بمنزلة المحور فان سائر نقط محيط ا ث ب تنطبق مباشرة على نقط محيط ا د ب

واذا كان مركز القطع الناقص عين مركز الدائرة التي قطرها محور ا ب فانه بامتداد خطي و د و ح ن على الدائرة الى نقطتي ى و ه يتحصل معنا هذا التناسب وهو و د : و ى :: ح ن : ح ه وهذا بالنظر للخطوط الثلاثة المستقيمة وهي ح ن ه الموازية لمحور

ث و د ومن ثم يمكن ان يعتبر القطع الناقص بالنظر لجهة من جهاته كانه دائرة مفرطحة ومنبسطة مستوية بالنظر لجميع اجزائها

واما فى صورة العكس وهى ما اذا رسمنا دائرة مثل ث ـ د (شكل ١٣ مكرر) على المحور الصغير وهو ث د المعتبر كانه قطر فانه يتحصل معنا التناسب الآتى بالنظر لكل خط مستقيم مثل خط ف غ ع العمودى على محور ث د المنتهى فى نقطة ع بالدائرة وفى نقطة غ بالقطع الناقص وهو و ـ : و ب :: ف غ : ف ع

وحينئذ يمكن اعتبار القطع الناقص كانه دائرة بيضاوية ممتدة امتدادا متناسبا فى سائر اجزائها

واذا رسمنا دائرة على مستو مائل مرموز له بمستقيم ا ب (شكل ١٤) كان المطلوب معرفة مسقطها على المستوى الافقى

فنفرض ان ا ـ هو مسقط قطر ا ب الذى هو اكثر ميلا من غيره وحيث ان نقطة و هى مسقط مركز و فاذا مد ث و ى عمودا على ا ـ وجعلنا و ث = و ث = نصف قطر الدائرة فان منحنى ا ـ ث ى يصير مسقط الدائرة المذكورة وبذلك يكون قطعا ناقصا وذلك انا اذا مددنا عمودا مثل م ن على قطر الدائرة الذى هو ا ب المرسومة على مستوى ا ب فان خط م ن الافقى يكون فى مستوى الدائرة وبناء عليه يكون مساويا لمسقطها الذى هو م ة ولذا يكون قرب اعمدة م ة البسيطة من المحور الاكبر الذى هو ث و ى اكثر من قرب اعمدة م ة من قطر ث و كنسبة و م الى و م فاذن يكون مسقط الدائرة المذكورة ليس الا دائرة منبسطة ممتدة بالتناسب فى جميع اجزائها وهى كناية عن القطع الناقص

فعلى ذلك كل دائرة رسمت على مستو غير موازلها يكون مسقطها قطعا ناقصا ويكون المحور الاكبر من هذا القطع مساويا لقطر الدائرة المذكورة

ولما كانت خواص القطع الناقص كثيرة جدا بحيث لا يمكن بسط الكلام

عليها اقتصرنا منها هنا على خاصية نذكرها لك لاهميتها وكثرة مدخليتها في العمليات فنقول

اذا عينا نقطتين ثابتتين مثل ف و ف (شكل ١٥) بوتدين او شاخصين وربطنا فيهما خيطا اطول من مسافة ف و ف ثم شددنا هذا الخيط بآلة رسم فيتقدم تارة الى جهة ف وتارة الى جهة ف حدث عن ذلك خط منحن يسمى قطعا ناقصا ويقال له ايضا قطع البستانجية الناقص لانهم يرسمون القطوع الناقصة الموجودة ببساتينهم على هذه الكيفية

ومن خواص القطع الناقص الشهيرة جدا انه في كل نقطة من نقطه كالنقطة المرموز اليها بحرف ث يحدث عن جزءي ف ث و ف ث المستقيمة المركب منهما الحبل في نقطة ث زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او مماسه وهو ط ث ط

(بيان اجراء العملية في علم الضوء)

قد افادتنا التجربة ان كل شعاع من اشعة الضوء كشعاع ف ث الذي يمس خطا منحنيا او سطح ا ث ب يكون له اتجاه مثل ث ف وبعبارة انه ينعكس على حسب ث ف بحيث يحدث عن الشعاعين اللذين هما ف ث و ث ف زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او السطح فاذن اذا عكس القطع الناقص الضوء كما تعكسه المرآة المستوية فانه يكون لكل شعاع مضيء مثل ف ث خارج من نقطة ف عند انعكاسه اتجاه ث ف المار بنقطة ف

وكل نقطتين مثل ف و ف يسميان بالبورتين فعلى ذلك جميع الاشعة المضيئة الخارجة من احدى البورتين والمنعكسة بمحيط القطع الناقص تمر بالبورة الثانية

(بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاس الصوت)

ينتشر الصوت و يتجه اتجاها مستقيما كاتجاه الضوء وانتشاره ثم ينعكس انعكاسا مستقيما ايضا بحيث تساوي زاوية الانعكاس زاوية السقوط

المعترضة فعلى ذلك اذا كان محيط القطع الناقص مرسوما بحيث يعكس الصوت فان سائر الاصوات الخارجة من بورة ف تنعكس عند مرورها بالبورة الثانية وهى ف التى تصير صدى ف

وهنالك محال بنيت على صورة القطع الناقص (شكل ١٥) فظهر منها بواسطة التجربة صحة ما قررناه فى هذا المبحث فان الانسان اذا خفض صوته وهو فى البورة التى هى ف بحيث لا يسمعه القريب منه بان كان فى نقطة و مثلا احدث مع ذلك عن تأثير صدى صوته المنخفض الصادر عنه فى نقطة ف صيرورة هذا الكلام واضحا مفهوما فى البورة الثانية وهى ف

ولا بأس بان نذكر هنا عملية تتعلق بخاصة الصوت وان كانت محزنة تتاثر منها النفس وحاصلها ان اناسا لا رأفة عندهم بنوا سجونا لا يمكن لمن سجن بها وكبل بسلاسل الحديد فى بورة ف ان يتفوه بكلمة واحدة الا وتسمع فى البورة الثانية وهى ف من القبة التى على هيئة القطع الناقص المنفصلة من ف بحاجز يمنع المسجون ان يرى السجان المتكفل بملاحظته ومراقبته

وقد تقطع النجوم السيارة حول الشمس خطوطا منحنية وهى قطوع ناقصة احدى نقطتى احتراقها مركز الشمس وقد مضى على علماء الهيئة والهندسة ثلاثون قرنا وهم يمارسون فنونهم حتى ادركوا حقيقة هذه التجربة التى بها اتسعت دائرة علم الهيئة عند المتأخرين

فاذا ادرنا القطع الناقص حول محور كبير مثل ا ف ف ب يمر بنقطتى الاحتراق حدث عن ذلك سطح دوران توجد فيه هذه الخاصية وهى ان كل شعاع مضئ ذى صدى مثل ث ف خارج من نقطة الاحتراق وهى ف يكون فى انعكاسه على خط مستقيم يمر بنقطة الاحتراق الثانية وهى ف

وكما انه يمكن بواسطة الدائرة البيضاوية المستطيلة او المفرطحة المسطحة بالنظر لجميع اجزاء نقطها ان نرسم سائر القطوع الناقصة يمكن بواسطة المجسم الناقص الدائر المرسوم بدوران القطع الناقص حول احد محوريه ان نرسم

سطوحا

سطوحا مجسمة ناقصة بيضاوية مستطيلة اومسطحة وهذه الطريقة تكفي في هذا المقام ولا حاجة فيه الى الاطناب وبسط الكلام

وهناك طريقة اخرى في رسم القطوع الناقصة بحركة مستمرة كان يستعملها ارباب الصنائع غالبا وذلك انه اذا كان ا ب و ث د هما المحوران (شكل ١٦) ومددنا مستقيم م ن ح = و ا واخذنا عليه ح ن = و ث وبقيت نقطة م ماكثة دائما على المحور الاصغر الممتد على قدر الحاجة وبقيت نقطة ن على المحور الاكبر فبتقدم هذا الخط المستقيم اوتأخره في جميع اوضاعه الممكنة ترسم نهايته وهي ح القطع الناقص وهو ا ب ث د

وقد صنعوا بموجب هذه الطريقة آلات لرسم القطع الناقص بحركة مستمرة وهي في الحقيقة بيكارات على هيئة قطع ناقص

وقد بينا في قائمة الآلات المخترعة كيفية الرسم بهذه البيكارات لسطح مجسم قطع ناقص ايا ما كان بواسطة حركة مستمرة وخط مستقيم نقطه الثلاثة المعلومة تمكث دائما على ثلاثة مستويات ثابتة حين ترسم النقطة الرابعة بتقدمها اوتأخرها في جميع الجهات سطح مجسم القطع الناقص وتستعمل هذه الطريقة في اخذ صورة الاجسام وفي الاشغال التي يقتضيها بناء القبوات التي على صورة القطوع الناقصة

(بيان القطع المكافىء)

يكون القطع المكافىء (شكل ١٧) مرسوما على مخروط ا ب و س ا بواسطة مستوى خ ر الموازي لاحد اضلاع المخروط المذكور وهذا القطع هو خط منحن كخط م ه ح مغلوق من جهة ومفتوح من اخرى ويمتد الى ما لا نهاية وفرعاه وهما ه م و ه ح آخذان في الانفراج على التدريج وليس للقطع المكافىء الذي هو م ن ح (شكل ١٨) الا رأس واحد وهو ن ومحور واحد وهو ن ل يكون فرعا القطع وهما م ن و ن ح بالنسبة اليه متماثلين ولهذا القطع ايضا بورة وهي ف

ولبعد المحور بكمية ككمية ل غ = ل ف التي هي بعد المسافة
بين بورة القطع المكافيء ورأسه ولبعد ايضا من نقطة غ مستقيم س ص
عمودا على هذا المحور فاذا امددنا الشعاع المنعكس وهو ــ ك الى
نقطة ش على س ص كانت نقطة ــ التي هي من القطع
المكافيء على بعد واحد من البورة ومن خط س ص وحينئذ
ف ــ يساوي ش ــ فاذا اتينا بمسطرة مثلثية مثل
ه ش ــ ومررناها على طول س ص واتينا ايضا بحبل نربطه
بالزاوية القائمة وهي ش ونشده بحيث يكون على هيئة خط مستقيم
بطول ش ــ واتينا بحبل ثان ثابت في نقطة الاحتراق وهي ف
وضممنا احد طرفيه في نقطة ــ الى الحبل الاول بحيث ينتج ان
ف ــ = ــ ش وتركنا هذين الحبلين يمتدان بالتساوي
فكلما بعدت المسطرة المثلثية عن المحور اخذت نقطة ــ في رسم القطع
المكافيء حتى تنتهي

واذا فرضنا ان القطع الناقص يمتد بالتدريج فان نقطتي احتراقه يبعدان عن
بعضهما فاذا اقتصرنا على احدى هاتين النقطتين فان جزء القطع الناقص
الذي يمتد حول هذه النقطة يكون عند الرسم شبيها بالقطع المكافيء على
التدريج حتى اذا تم رسمه صارا متماثلين بحيث لا يفرق بينهما

ثم ان النجوم ذوات الذنب ترسم خطوطا منحنية قريبة الشبه بالقطوع
المكافئة تشغل الشمس نقطة احتراقها وهي في الواقع قطوع ناقصة بيضاوية
الشكل

وكلما امتد القطع الناقص اخذت الاشعة الشمسية الخارجة من احدى نقطتي
الاحتراق المتباعدة عن النقطة الثانية في التوازي تدريجا وهذا فيما اذا فرضنا
ان نقطتي الاحتراق يبعدان عن بعضهما بعدا لا نهاية له وبذلك يكون القطع
الناقص في الحقيقة قطعا مكافئا وتكون الاشعة الخارجة من نقطة الاحتراق
التي يكون بها الراصد منعكسة بالخط المنحني المذكور بحيث لا تقابل المحور

الذي

الذى توجد فيه نقطة الاحتراق الثانية الافى بعد لانهاية له فاذن تكون الاشعة الخارجة من نقطة احتراق القطع المكافى منعكسة بهذا الخط مع موازاتها للمحور

و يستعمل القطع المكافىء لتلقى الضوء الخارج من نقطة الاحتراق وانعكاسه الى جملة اشعة موازية للمحور عوضا عن ان تكون تلك الاشعة منتشرة فى سائر النقط الموجودة فى الفراغ

(بيان اجراء العملية فى المنارات)

اذا اوقدت نار على شواطئ بحرا وفى داخل مينات اوفى مصب الانهر اوعلى المراسى الخطرة او ما جاورها فمن المهم ان نرى ضوء تلك النار من بعيد وهى نار المنارات فيلزم وضعها فى نقطة احتراق السطوح المتخذة من النحاس المفضض ويجعل لها شكل القطع المكافىء الذى يدور حول محوره (شكل ١٨) وهو مجسم قطع الدوران وبموجب هذا البيان يحدث عن سائر الاشعة التى يعكسها السطح الذى يطلق عليه اسم مجسم القطع المكافىء العاكس جملة اشعة متوازية قاعدتها دائرة ا ب ث د المتوازية التى يتكون منها ايضا قاعدة سطح ا ب ث د م ن العاكس

ثم ان مجسم القطع المكافىء تارة يكون موضوعا فى وضع ثابت وفى هذه الصورة لا يمكن رؤية المنارة فى الليل على بعد عظيم الا فى وقت المرور بمحور القطع المكافىء وتارة يدور مجسم القطع المكافىء على محور قائم فحينئذ يصير بالتدريج الضوء المنعكس بذلك المحور على سائر نقط الافق وقد ادرك الملاحون بذهاب الضوء ورجوعه المنتظم ان هذا الضوء ليس ناشئا عن نار موضوعة حيثما اتفق وقد يتبين من المدة المتخللة بين وجود الضوء وانعدامه الاختلافات التى تميز بها المنارات من جهة واحدة

(بيان القطع الزائد)

القطع الزائد هو عبارة عن قطع م ۞ ع و مَ ۞َ عَ (شكل ١٩) المرسوم فى المخروط بمستو يقطع طبقتى ا و ب و ا وَ بَ و ينقسم الى

جزئين منفصلين عن بعضهما لكل واحد منهما فرعان كالقطع المكافى الا ان الفرق بينهما هو ان فرعى القطع الزائد يمتدان بسرعة اكثر من فرعى القطع المكافى ومن هنا قيل ان فرعى القطع الزائد المحكم الرسم المشترك مع القطع المكافى فى المحور والرأس يؤول امرهما الى كونهما يخرجان من بين فرعى القطع المكافى

وللقطع الزائد وهو ا ب ث و ا ث (شكل ٢٠) محوران ونقطتا احتراق وهما ف و ف كالقطع الناقص غير انه عوضا عن أن يكون مجموع الاشعة الاحتراقية ثابتا على حالة واحدة يكون ذلك ثابتا لتفاضلها وكذلك شعاعا ف م و ف م يحدث عنهما زاوية واحدة مع المنحنى الا ان هذا المنحنى يمر بهذين الشعاعين اى شعاعى الاحتراق عوضا عن ان يكتنفهما كالقطع الناقص * وبالجملة فهنا خطان مستقيمان مثل ص و ص و ز و ز يحدث عنهما زاوية واحدة مع المحور الاكبر وهو ف و ف ويقرب ان من القطع الزائد كلما بعدا عن مركز و المار به من غير أن يتلاقيا بفرع القطع الزائد ولذلك سميا بالخطين الموازيين للخط المنحنى

(بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية)

يكفى لتحديد هذا التقاطع أن تمر بعدة مستويات من رأس المخروط فتقطع هذا المخروط فى اضلاع مستقيمة وتقطع ايضا السطوح المنحنية فى خطوط أخر يكون تقاطعها مع تلك الاضلاع هو عين نقط الخط المنحنى المطلوب

(بيان اجراء العملية فى معرفة علم النور)

قد سبق فى الدرس التاسع ان الاجسام تظهر لنا بواسطة اشعة منيرة سارية من كل من نقطها الى مركز عين الانسان فعلى ذلك كل خط يقذف الاشعة المنيرة المذكورة يصير قاعدة للمخروط فاذا رسمنا تقاطع هذا المخروط بالسطح المشاهد تحصل معنا منظر الخط المنير

وتكون الالواح فى العادة سطوحا مستوية كما تقدم فى الدرس التاسع

وقد تكون اسطوانات او انصاف كرات

(بيان البانورامة اى المنظر العام)

قد توصل اهل هذا الفن الى صناعة الواح اسطوانية بوضع نقطة المنظر على نفس محور الاسطوانة وبهذه الواسطة امكنهم ان يرسموا على محيط الاسطوانة سائر الاجسام الطبيعية التى تنتشر بالاستدارة الى الافق حول نقطة مفروضة وهى البانورامة التى يعبر عنها بالمنظر العام لجميع الاشياء لانه بواسطتها تشاهد جميع الاجسام التى يمكن رؤيتها من نقطة واحدة فلذا كانت البانورامة عبارة عن تقاطع السطح الاسطوانى المتقدم المأخوذ لوحا مع سطح مخروط واحد او عدة سطوح مخروطية رأسها موضوعة فى نقطة المنظر وقاعدتها جميع الخطوط الطبيعية التى يريد الصانع رسمها

ولاجل الاختصار فى عمليات هذا النوع من المنظر تقسم الافق الى اجزاء متعددة بأن نقسمه الى عشرين جزأ مثلا ثم نرسم على افرخ ورق او صفائح مستوية معتادة منظر الاشياء المنحصرة فى العشرين جزأ من الافق ثم نرسم بجانبه على الستارة الدالة على انتشار سطح الاسطوانة المجعولة لوحا العشرين طبقة المنتصبة المتوازية ثم ننشر هذه الستارة على الحائط الاسطوانى من البيت المستدير المحتوى على البانورامة

واذا رسم هذا النوع على حقيقته دهش منه الناظر لانه فى بعض الاحيان يبدو له منه سائر التخيلات الطبيعية وهذه الطريقة فى الرسم اجود من غيرها اذ بها يعرف منظر اى محل كان حول نقطة مفروضة وهذه الفائدة لا يمكن وجودها فى السطح المجوف ولا فى منظر صورة جزء من الافق

(بيان المرآة المسحورة)

هذه المرآة عبارة عن لعبة طبيعية شهيرة ناشئة عن التخيلات الهندسية وهى من قبيل البانورامة وصورتها ان نرسم على مستوا شكالا بحيث انها عند انعكاسها بالمرآة الاسطوانية او المخروطية تظهر لعين الراصد فى صورة اجسام منتظمة وصور طبيعية ويلزم لرسم تلك الاجسام على المستوى ان تصور

اولا سائر اضلاع الخرايط التي تجعل لكل جسم منظرا على المرآة وثانيا الاشعة المنعكسة بان نعتبر هذه الاضلاع كانها اشعة ساقطة فينتج عن كل شعاع منعكس بتقاطعه بالمستوى نقطة ويكون مجموع النقط المحددة بهذا الوجه الشكل المطلوب رسمه وما يحصل للانسان عند رؤيته هذا المنظر من المسرة والابتهاج انما هو ناشئ عما يلحقه من الطرب حين يرى الاشكال الغير المنتظمة والاشكال البشعة القبيحة المنظر تتحول بانعكاس الضوء الى اشكال منتظمة حسنة المنظر مستكملة لما يرومه من الانتظام والجودة

(بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القبب والقبوات)

قد تكون القبب والقبوات الموجودة في العمارات الكبيرة كالهياكل والقصور منقوشة في الغالب بمناظر رسمها يتحصل بتقاطع السطوح المخروطية بسطوح هذه القبب والقبوات فيلزم للراسم ان يقف على حقيقة ما يراه من الصور لتظهر للناظر على بعد انها على شكلها الحقيقي ووضعها الطبيعي وان كانت في حالة القرب تخالف ذلك بالكلية

(بيان الظلال المخروطية)

اذا كان هناك نور كنور مصباح او شمعة او كان عدة انوار مجتمعة مارة بثقب صغير وانارت على اجسام مظلمة فانها تعكس ظل هذه الاجسام بحيث يترآى في الفراغ ان الفاصل بين الظل والنور شكل مخروطي فاذا اريد رسم الظل الذي يعكسه الجسم المنير من نقطة واحدة على جسم آخر لزم ان تحدد تقاطع السطح المخروطي الناتج من الجسم الذي يعكس الظل بالجسم المنعكس عليه الظل

وسنبين للمبتدئين في التصوير الثمرة التي تظهر لهم في هذا المعنى وكذلك في الظلال المنعكسة باشعة متوازية عند تحديدهم من مبدء الامر بالطرق الهندسية كثيرا من الظلال المنعكسة التي من هذا القبيل ليعتادوا على الاشكال التي تنتج عنها ويعرفوا معرفة تامة تأثير النور في شكل الظلال فبذلك يزداد رسمهم صحة وضبطا

وذلك لاننا اذا نسجنا على منوال الطريقة التى ذكرناها نتج عن ذلك شيآن احدهما تقاطع السطوح المنتشرة والمعوجة بسطوح أخر تعين النقط التى تتلاقى فيها السطوح بكل من المستقيمات التى هى اضلاع السطوح الاول * ثانيهما تقاطع سطوح الدوران الدوران بسطوح أخر عند البحث عن النقط التى تتلاقى فيها السطوح الاخيرة بدوآئر متوازية مرسومة على السطوح الاول وهلم جرا ومهارة الراسم فى هذه العمليات هى انتخابه سطحى المسقط ليتحصل معه خطوط منحنية بسيطة يسهل بها رسم مساقط خطوط التولد من كل سطح

(الدرس الرابع عشر)

(فى بيان الخطوط والمستويات المماسة للمنحنيات والسطوح)

لاجل تسهيل ادراك القضايا والبرهنة عليها نبدل فى الغالب خط ا ب ث د ه ف غ ش المنحنى (شكل ١) بمضلع مستقيم الخطوط تكون اضلاعه الصغيرة جدا وهى ا ب و ب ث و ث د و د ه الخ مماثلة بالكلية لعنصر الخط المنحنى المحصور بين تلك الاضلاع المتنوعة

واذا مددنا من نقطتى ا و ب المفروض وضعهما على المنحنى مع غاية القرب من بعضهما خط س ا ب ص المستقيم ظهر كانه امتزج بالمنحنى فى المسافة الصغيرة التى بين نقطتى ا و ب وتعين به اتجاه الجزء الاصغر من منحنى ا ب ث د ه ف غ ش فنقول حينئذ ان مستقيم س ا ب ص مماس للمنحنى فى عنصره الصغير وهو ا ب

ولا يخفى ان هذه الطريقة التى استعملناها فى تحصيل مماسات المنحنى ليست الا طريقة تقريبية ولنضرب لك مثلا تقريبيا ليكون عندك المام بالمماسات الحقيقية فنقول

لنمد فى دآئرة ا ب ث د (شكل ٢) نصف قطر و ا ثم نمد من نهاية ا عمود س ا ص على نصف القطر المذكور وقد برهنا

(فى الدرس الثالث) على ان كل نقطة من س ا ص ما عدا نقطة ا توجد خارج الدائرة وان مستقيم س ا ص الذى يمس الدائرة فى نقطة واحدة يسمى مماس الدائرة

ولا يمكن ان نمر من يمين نقطة ا ولا من شمالها بخط مستقيم بين الدائرة ومماسها وهو س ا ص فلذلك نمد من نقطة ا خطا مستقيما كخط ا ز ثم نمد خط و ن عمودا على ا ز فيصير هذا العمود بالضرورة اصغر من مائل و ا فاذن يدخل خط ا ز فى الدائرة وبناء على ذلك لا يمر دائما من نقطة ا بين الدائرة ومماسها وهو س ا ص

وحيث ان الجزء الصغير من الدائرة الذى اوله من المماس اتجاهه هو عين اتجاه المماس المذكور امكن ان نعتبر نقطة قريبة جدا من نقطة ا مأخوذة على الدائرة كانها موضوعة على المماس وهذا كاف فى تعيين اتجاهها الذى يقل خطاؤه كلما قربت النقطة الثانية من الاولى

وقد يكون نصف قطر و ا العمودى على مماس س ا ص عموديا ايضا على عنصر الخط المنحنى الذى يكون من نقطة ا على اتجاه المماس المذكور ويطلق اسم الخط العمودى على الخط النازل عمودا على المماس فلذا كان نصف قطر الدائرة عمودا على المحيط

ثم ان ارباب الفنون يستعملون كثيرا خواص المماسات والاعمدة فى تحديد اشكال محيطات الخطوط والسطوح

ولنذكر اولا كيفية رسم المضلعات المنتظمة بواسطة مماسات الدائرة فنقول لنفرض مضلعا منتظما كمضلع ا ب ث د هـ ف الخ (شكل ٣) فحيث ان نقطة و هى مركز هذا المضلع ينتج و ا = و ب = و ث = و د الخ وكذلك ا ب = ب ث = ث د الخ فاذن تكون مثلثات او ب و ب و ث و ث و د متساوية فتكون اعمدة و ا و و ب و و ث النازلة من نقطة و على ا ب و ب ث و ث د الخ متساوية ايضا فاذن يكون مماس الدائرة المرسومة من نقطة و المجعولة

مرکزا بواسطة نصف قطر وا = وب = وث = ود = الخ
هو سائر اضلاع المضلع المذکور وهو ا ب ث د ه الخ

ویقال ان کل شکل مضلع مثل ا ب ث د ه الخ یکون مرسوما خارج دائرة ا ب ث د الخ فمن ثم کان کل شکل مضلع منتظم یقبل الرسم خارج الدائرة

ومن الجلی ان محیط الدائرة یکون اکبر من محیط کل شکل مضلع مرسوم فی داخلها کمضلع ا ب ث د واصغر من محیط کل شکل مضلع مرسوم فی خارجها کمضلع ا ب ث د وان سطح الدائرة یکون اکبر من سطح کل شکل مضلع مرسوم فی خارجها

ولما اکثر المهندسون ضرب اضلاع الاشکال کثیرة الاضلاع سواء کانت خارج الدائرة او داخلها واخذوا نصف القطر وحدة قیاس حسبوا دائرین مختلفین اقل من طول ممکن القیاس معلوم بالآلات الهندسیة وهذان الدائران احدهما اکبر من محیط الدائرة والآخر اصغر منه

وقد رأوا من هذا القبیل اشکالا کثیرة الاضلاع منتظمة سطح احدها اکبر من سطح الدائرة والآخر اصغر من سطحها ومغایرة لبعضها تغایرا اقل من القیاس المعلوم قبل ذلک فلذلک تراهم یرمزون لمحیط الدائرة التی نصف قطرها یساوی وحدة القیاس وکذلک لسطحها باعداد تقریبیة جدا

ویمکن استعمال هذه الطریقة فی تحدید محیط مسافة منتهیة وفی تحدید سطحها بای نوع من الخطوط المنحنیة

وهذه الطریقة الشهیرة تسمی عند المهندسین طریقة التحدید وبها یستعان فی البرهنة علی کثیر من التقاویم والقواعد الریاضیة التی جعلناها من قبیل الحدسیات القریبة من الحقائق الیقینیة فاذا ارید تفصیل سطح کلوح من صفیح الحدید او من ورق المقوی بموجب محیط دائرة ا ب ث د کما فی (شکل ٣) نبتدئ برسم شکل مضلع خارج الدائرة بواسطة خطوط مماسة ثم نزیل بفارة او مبرد او مقراض او ای آلة مستقیمة الخطوط

زوايا ا د ب و ث و ء فيحدث عن ذلك شكل مضلع اضلاعه ضعف اضلاع الاول ويتفاوت قليلا عن محيط الدائرة فاذا استمر على ازالة الزوايا بهذا الوجه حدث مضلع اضلاعه متعددة الا انها صغيرة بحيث لا يمكن ادراك زواياه ولا رؤسها فعند ذلك يتم رسم الدائرة على احسن وجه

وفى عمل الابواب والشبابيك والقبوات الكاملة التقوس وغيرها يكون ا م و ث ن المستقيمان (شكل ٤ و ٥) منتصبين وعمودين على نصف القطر الافقى وهو ا و = و ث (شكل ٤) = ا ث (شكل ٥) وبناء على ذلك يكون هذان المسندان المستقيمان مماسين للقبوات المذكورة فى نقطتى ا و ث

وفى قبوة ا ب ث د المنكسة (شكل ٦) المصنوعة على هيئة اذن القفة ثلاثة اقواس دائرة وهى ا ب و ب ث و ث د التى مراكزها وهى م و و و ه مرتبة على هذا الوجه وهو

اولا تكون نقطتا و و م ونقطة ب التى هى ملتقى قوسى ا ب و ب ث خطا مستقيما وثانيا تكون نقطتا و و ه ونقطة ث التى هى ملتقى قوسى ب ث و ث د خطا مستقيما ايضا فاذن اذا كان خط س ب ص عمودا على و م ب وكان خط ز ث ط عمودا على و ه ث فان هذين الخطين يصيران معا خطين مماسين احدهما القوسى ا ب و ب ث فى نقطة ب وثانيهما القوسى ب ث و ث د فى نقطة ث وحيث ان هذه الاقواس المرسومة على هذا الوجه مماسها واحد فلا يرى فى نقطة تلاقيها نوع من الزوايا

واذا اريد تعويض خط منحن باقواس دائرة قريبة الشبه منه بقدر الامكان بحيث يرى فيها اتصاله واستمراره فانه ينبغى ان تكون الاقواس المذكورة متصلة ببعضها بحيث يكون لها مماس واحد فى نقطة تلاقيها وسيأتى توضيح ذلك فى الدرس الآتى

(بيان المستويات المماسة للسطوح)

لنصنع في سطح ا ع ب الخ بالتوازي لمستو مفروض (شكل ٧) عدة قطوع مستوية مثل ا ب و ث د و ه ف فتأخذ هذه القطوع في التناقص كلما قربت من حدود السطح حتى ينتهي امرها الى أن تصل الى نقطة غ التي تكون بمفردها على مستوى م ن الموازي لجميع القطوع المذكورة

ولنرسم على السطح المذكور عدة منحنيات مثل ا ع ب و ا غ ب الخ مارة بنقطة غ ونمد من هذه النقطة عدة مماسات للمنحنيات المذكورة وحيث انه يتعذر مرور خط مستقيم بين مماسين ومنحنيين لزم ان تكون هذه المماسات موضوعة على مستوى م ن

فلذا كان المستوى المماس في نقطة غ لسطح ا غ ب مشتملا على جميع المستقيمات المماسة في نقطة غ للمنحنيات على اختلافها المرسومة من هذه النقطة على السطح المذكور ويلزم مع ذلك ان نستثني النقط البسيطة كرأس المخروط وغيرذلك لكن هذه النقط هي دائما مستثنيات على السطوح اي لا يلتفت اليها

ولنمثل لذلك بالكرة فنقول تكون قطوع ا ب و ث د و ه ف المتوازية (شكل ٨) دوائر مراكزها و و و و و موضوعة على خط مستقيم وهو و و الخ غ عمودي على مستوى سائر الدوائر ومار بمركز الكرة فاذا مددنا من نهاية نقطة غ لهذا المستقيم مستوى م ن موازيا لمستوى القطوع وعموديا على و غ فانه يصير مماسا للكرة

وبيان ذلك ان كل نقطة من هذا المستوى تكون ابعد عن المركز من نقطة غ فتكون ضرورة خارج الكرة فاذن لا يمس المستوى المذكور الكرة الا في نقطة غ وكل مستو ممتد من غ و غ يقطع الكرة في دائرة قطرها غ و غ ومماسها في نقطة غ عمود على غ و غ والاعمدة التي في نقطة غ على مستقيم غ و غ موضوعة في المستوى العمودي على الخط

المستقيم المذكور ومارة بنقطة ع فاذن يحتوى المستوى المماس وهو م ن على جميع مماسات دوائر انصاف النهار التى قطرها غ و غ ونظير ذلك فى سهولة البرهنة عليه هو ان كل دائرة صغرى مرسومة على الكرة من نقطة غ يكون مماسها فى هذه النقطة موضوعا ايضا على م ن

وكل خط مستقيم مثل خط غ و غ (شكل ٨) عمودى فى نقطة ع على المستوى المماس سواء كان فى السطوح اوالخطوط يسمى بالخط العمودى

ولنطبق هذه المسائل الاولية على السطوح بانواعها التى تقدم ذكرها فى الدروس السابقة فنقول

(بيان المستوى المماس للاسطوانة)

لنفرض اسطوانة كاسطوانة ا ب ث ا ب ث (شكل ٩) المنتهية بقاعدتين موضوعتين فى مستويين متوازيين سائر خطوطهما المتقابلة متوازية ايضا فاذا كان ب ب ضلعا فان مماسى م ب ن و م ب د للمنحنيين فى نقطتى ب و ب يكونان متوازيين ومن هذا القبيل كل خط مثل م ب د مماس لمنحنى ا ب ث الموازى للقاعدتين المذكورتين حيث ان نقطة ب موضوعة على ضلع ب ب ويحدث عن تسلسل مماسات م ب ن و م ب د و م ب د المتوازية التى تمر بضلع ب ب الذى هو خط مستقيم مستو يكون مماسا للاسطوانة فى سائر امتداد الضلع المذكور

(بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسة)

قد يصنع الخباز الذى يدير نشابته بالتوازى من العجين مستويا يكون مماسا بالتدريج لكل ضلع من اضلاع السطح الاسطوانى للنشابة

وكذلك البستانجى فى عمل طرقات البستان وحياضه فانه يصل الى النتيجة المذكورة بتدوير الاسطوانة المسماة بالزحافة على تلك الطرقات والحياض

فكلما

فكلما تمهدت الارض واستوت صارت مماسة للزحافة في امتداد الاضلاع المختلفة لهذا السطح

وقد يعلق العربات صانعها بواسطة سيور من الجلد من كل جهة (شكل ١١) فتكون هذه السيور تابعة للدائر الاسفل الاسطوانى من صندوق العربة وتمتد بحيث يكون سطحها الاعلا على هيئة سطح مماس لصندوق العربة فاذا اهتز الصندوق من الامام الى الخلف فانه اما ان يتقدم او يتأخر على المستوى المماس المذكور الذى لا يعتريه اهتزاز من احدى جهتيه دون الاخرى لكونه على حد سواء من الجانبين ومثل هذا الاهتزاز مفزع لكونه يحصل على حين غفلة في العربات الغير المعلقة

(بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسة)

انذكر هنا الطريقة التى ذكرناها فى الدرس الذى تكلمنا فيه على الاسطوانات من حيث تفصيل مجسم صلب يكون سطحه اسطوانيا فنقول نرسم القاعدة على طرفى قطعة من الخشب او الحجر يراد نحتها على هيئة شكل اسطوانى ثم نرسم شكلين مضلعين مرسومين خارج الدائرة على هاتين القاعدتين وزيادة على ذلك تكون اضلاعهما المتقابلة متساوية ومتوازية ثم نمر بواسطة المنشار او الفارة او اى آلة صالحة لتفصيل السطوح مستويات بين الاضلاع المتوازية من المضلعين المذكورين فيحدث عن ذلك منشور ذو اضلاع كثيرة مرسوم خارج الاسطوانة وذلك لان اوجهه المتنوعة تكون مماسة لسطح الاسطوانة فاذا ازلنا بالمنشار او الفارة او نحو ذلك اضلاع المنشور نصنع مستويات جديدة مماسة للاسطوانة فكلما كثرت هذه المماسات اخذت المناشير المطلوب عملها فى مماثلة الاسطوانة ومشابهتها

(بيان المستويات المماسة للمخروط)

اذا امددنا ضلع ص ا ب ث على المخروط (شكل ١٢) فان جميع الخطوط المماسة فى نقط ا و ب و ث للقطوع المتوازية وهى اا و ب ب و ث ث تكون موازية لبعضها و يحدث عن جميع هذه

المماسات مستوى ح ح م ن المماس للمخروط فى جميع الجهة او ضلع ص ا ب ث

(بيان اجرآء العملية)

يسوغ لنا بواسطة خاصية المخروط عند رسم كثير الاضلاع المرسوم خارج القاعدة أن نرسم شكلا هرميا اوجهه مماسة للمخروط فى سائر طولها فاذا اصلحنا على التوالى بالمنشار او القارة لو نحوهما اضلاع شكل الهرم المذكور لنعشقها بمستويات جديدة مماسة فان عدد اضلاعه يأخذ فى الزيادة فحينئذ يكون رسم السطح الذى هو عبارة عن المخروط مضبوطا على الوجه المطلوب (راجع الدرس العاشر)

(بيان المستويات المماسة للسطوح المنتشرة)

اعلم ان الخاصية الموجودة فى المستوى المماس وهى كونه يمس الاسطوانة والمخروط فى جميع امتداد ضلع من اضلاعهما ثابتة ايضا للسطوح المنتشرة على اختلاف انواعها ويمكن اعتبار هذه السطوح كانها مصنوعة من عدة اوجه صغيرة مخروطية ضيقة جدا لها مثل اوجه المخروط مستو واحد مماس لطول كل ضلع من اضلاعها ويمكن مرور سطح منتشر بين منحنيين مفروضين بان نرسم خارج هذين المنحنيين عدة اشكال مضلعة كالمستوى الذى يمر فى آن واحد بكل ضلع من اى مضلع كان فيكون هذا المستوى مماسا للسطح المنتشر واذا استمر على اصلاح الاضلاع الحادثة من تلاقى هذه السطوح فان اضلاع الاشكال المضلعة المرسومة خارج المنحنيين والاوجه المستوية المماسة للسطح المنتشر المراد تحصيله تزداد وتكثر

(بيان الاسطوانات المماسة لبعضها على حسب اى ضلع كان)

اذا وضعنا اسطوانتين قائمتين مستديرتين مثل ا ب ث د و ب ث ف ه بجوار بعضهما (شكل ١٠) بحيث يكون محوراهما متوازيين وبعدهما يساوى مجموع انصاف اقطار قاعدتيهما فان هاتين الاسطوانتين تتماسان فى جميع امتداد ضلع ب ث وحينئذ يكون للسطحين

تماس واحد فى امتداد هذا الضلع ولنفرض الآن ان فى كل من مقدم الاسطوانتين ومؤخرهما لوحا افقيا اتجاه علاه هو عين اتجاه هذا المستوى فاذا وضعنا لوحا معدنيا على احد اللوحين وجعلناه يمر بين الاسطوانتين اللتين على بعد واحد من بعضهما فان اللوح المعدنى يمهد بحيث يكون الوجهان المتوازيان مستويين مماسين فالوجه الاعلا يكون مماسا للاسطوانة العليا والوجه الاسفل يكون مماسا للاسطوانة السفلى وعلى ذلك تكون عملية جلخ الالواح المعدنية بواسطة الاسطوانات مبنية على خاصة المستويات المماسة للسطوح الاسطوانية

(بيان المخاريط والاسطوانات المماسة لبعضها فى اى ضلع كان)

اذا كان لاسطوانة كاسطوانة ا ب ش د ومخروط كمخروط ا د ه (شكل ١٣ د) ضلع واحد مثل ا د ولهما فى د مماس واحد وهو م خ فان المستوى الممتد من م خ ومن ضلع ا د يكون فى آن واحد مماسا للمخروط وللاسطوانة فى سائر امتداد ضلع ا د فاذن تكون الاسطوانة والمخروط المذكوران مماسين لبعضهما فى سائر امتداد ضلع ا د

وقد يستعمل الحدادون والسمكرية والنحاسون الخاصة المذكورة فى تقويس الواح النحاس والصفيح على هيئة اسطوانية فيضعون اللوح بحيث يكون اتجاه اضلاع الاسطوانة هو عين اتجاه ضلع السن المخروط من لبلابة السندال المرموز لها بحروف ا د ه ثم يقوسون ايضا بواسطة مطرقة طرفها مقعر على صورة اسطوانية اللوح فى سائر طول الخط المستقيم الذى بموجبه يمس المخروط اللوح المطلوب تقويسه فبذلك يتحققون من ان سطوح الواحهم اسطوانية وبهذه المثابة تكون صناعة السطح المخروطى وكل سطح منتشر بشرط الزيادة والنقصان فى تقويس اللوح المعدنى تدريجا بقدر بعد دق المطرقة على ضلع الالتحام وهو ا د من رأس ا اوقربه منه

(بيان الاسطوانات المماسة والمكتنفة بسطوح أخر)
اذا فرض ان خطا مستقيما موازيا دائما لاتجاهه الاصلي يأخذ في الامتداد وهو باق دائما على مماسة سطح مفروض فانه يحدث عنه اسطوانة تكون مماسة للسطح المفروض في جميع التسلسل الناتج عن نقط التماس الموجودة بين اضلاع الاسطوانة والسطح المذكور

(بيان الاسطوانات التي تكتنف الكرة)
لنفرض ان هنالك كرة مثل ا ب ث د (شكل ١٤) وان هنالك خطا مستقيما مماسا دائما للكرة يتحرك وهو موازٍ لمحور ممتد من مركز الكرة فيحدث من هذه الكيفية اسطوانة قائمة مستديرة تمس الكرة في جميع امتداد دائرة ام ث ه الكبرى وبذلك يمكن تقدم الكرة في الاسطوانة او تأخرها بان تكون مماسة لها بلا انقطاع في دائرة موازية لدائرة ام ث ه وعمودية على محور الاسطوانة

(بيان اجراء عملية ذلك)
للخاصية التي ذكرت آنفا مدخل عظيم في الفنون فكلما وجه الانسان كرة بالنظر لمحور مستقيم مثل س و ص فانه يجعلها تتحرك في الاسطوانة المكتنفة بها وتمسها في جميع جهاتها
وهذه هي القاعدة التي نشأ عنها شكل اسلحة النار كالبندق والطبنجات والمدافع والابوس والاهوان التي صورة سطحها الداخلي كصورة الاسطوانة القائمة المستديرة واما الرصاص والكلل والقنابر وحبة الابوس التي يراد احكام اتجاهها فهي اكر تتبع عند رميها اتجاه محور الاسطوانات

(بيان معيار الاكر)
لاجل ان تحقق اولا ان الكلل ليست كبيرة القطر بحيث يمنع ذلك من دخولها في الآلة المعدة لها وثانيا انها ليست صغيرة جدا بحيث لا يحصل معها ضبط الرمي وتحريره تستعمل نظارات (شكل ١٥) ليست الاسطوانات مستقيمة مستديرة اضلعها صغيرة جدا فيمسك الطبجي باحدى يديه مقبض

النظارة وهو آب و آ ــ ويدير بالاخرى الكال على سائر جهاتها لينظر هل يمكن ادخالها فى النظارة المذكورة ام لا وهل فى الصورة الثانية يكون بينها وبين النظارة فراغ ام لا وهذا هو المسمى بكيفية معرفة عيار الكال

(بيان اجراء العملية فى الظلال)

يشاهد فى الكائنات كل وقت صورة على شكل السطوح الاسطوانية المصنوعة من الخطوط المستقيمة الموازية لبعضها المماسة لسطح واحد فاذا كان جسم محدد بسطح منحن مضيأ بالشمس وكان غير شفاف فانه يحجب الضوء عما وراءه وتكون الاشعة الفاصلة بين الظل والجزء المضيء بالشمس هى ضرورة عين الاشعة التى تمس ذلك الجسم بدون ان يحجبها فهذه الاشعة المتوازية تكون مماسة لسطح الجسم فاذن يحدث عن مجموع النقط التى تحدد الظل المنعكس فى الفراغ جسم اسطوانى جميع اضلاعه مماسة لذلك الجسم ويحدث ايضا عن مجموع نقط تماس سطح الجسم والاسطوانة التى تحدد الظل المنعكس بهذا الجسم خط منحن وهو الخط الفاصل بين الظل والضوء على سطح الجسم المضيء

واذا اردنا أن نحدد على مستوما مع غاية الضبط ظل أى جسم كان فانه ينبغى انشاء الاسطوانات المصنوعة على هذه الكيفية بمماسات لسطح الجسم موازية لاتجاه اشعة الشمس المفروض ثم نحدد تقاطع هذا السطح الاسطوانى بسطح الاجسام المنعكس عليها الظل وهذا مبحث مهم جدا للمعمرجى والرسام

فاذا قدمنا او اخرنا الجسم المضيء موازيا لنفسه فى اتجاه معين باشعة الشمس فان كل نقطة من نقطه ترسم خطا مستقيما موازيا لهذه الاشعة فاذن تكون جميع نقط الجسم الموضوعة على الاسطوانة التى تحدد الظل المنعكس على الجسم تابعة لاتجاه الاشعة المذكورة المماسة بلا انقطاع لسطح الجسم ولا تزال الاسطوانة تحدد الظل المنعكس بالجسم وهذه الاسطوانة التى تحتاط دائما بالجسم فى سائر اوضاعه تسمى بالنسبة له سطحا مكتنفا

فعلى ذلك تكون الاسطوانة القائمة هى السطح الذى يكتنف الكرة المتحركة على خط مستقيم والباقية دائما على قطر واحد وعليه فتكون خزنة المدفع والهون سطحا يحيط بالفراغ المقطوع بالكلية

ويمكن ان يحفر فى اى جسم سطح اسطوانى يكتنف الكرة التى نصف قطرها لا يتغير ويكون مركزها متحركا على خط مستقيم كما يحصل ذلك عند ضرب الرصاصة فى جسم لين غير سريع الانكسار

وبعكس ذلك يمكن أن نصنع كرة بتدوير اسطوانة ماحول خط مستقيم عمودى على محورها ومار به وبحسب وضع الاسطوانة يكون محورها مماسا لدائرة كدائرة نصف النهار فيحدث عن اجتماع دوائر انصاف النهار نفس الكرة المذكورة فاذا فرضنا ان دوائر انصاف النهار المذكورة مرسومة على القرب من بعضها أمكن ان نضع عوضا عن الاسطوانة المماسة اضلاعا اسطوانية منحصرة بين دائرتى نصف نهار متواليتين فيكون هذا من ماصدقات القاعدة التقريبية التى ذكرناها فى الدرس الحادى عشر

وبالجملة فتستعمل الطرق المذكورة اولا فى رسم سطوح على اى شكل اتفق بسطوح أخر تمسها من جميع الجهات ويمكن تحريكها فى اتجاه موازللاضلاع الاسطوانة وثانيا فى رسم سطح ما بواسطة جملة اسطوانات تمسه فى كل من اضلاعها

(بيان اجرآء العملية فى فن النجارة)

اذا لزم للنجار ان ينظم اجزاء بارزة بالخراطة على حسب محيط مركب من جملة خطوط منحنية فانه يأخذ فارة حديدها يكون على هيئة قطع شكل الخراطة وخشبها مفصل على حسب سطح اسطوانى قاعدته القطع المذكور ثم يحرك فارته ويجعلها مماسة دائما للمحيط الذى يتبعه الخرط ففى هذه الحركة يصير السطح الاسطوانى للفارة بالتوالى مماسا للخراطة المصنوعة فى سائر امتداد القطع الناتج من حديد الفارة وتكون الخراطة هى السطح المكتنف للاسطوانة التى بينها خشب الفارة

وقد ظهر لنا من السطوح المخروطية ملحوظات ونتائج متشابهة

فنفرض اننا نمد من نقطة مفروضة مثل ض (شكل ١٦ ا) على كرة و جميع مماسات ض ا و ض ب و ض ث الخ الممكنة فيحدث لنا مخروط قائم مستدير مماس للكرة المذكورة في سائر امتداد دائرة ا ب ث د المستعملة قاعدة للمخروط فاذا ادرنا دائرة ا ب ه الكبرى على محور ض و الممتد من نقطة ض ومن مركز الكرة وهو و حدث عن الدائرة المذكورة الكرة وعن مماسيها وهما ض ا و ض ب المخروط المذكور

فاذا تحرك مركز و على محور ض و مع ازدياد نصف قطر الكرة او نقصانه بالنسبة الى بعده من نقطة ض فانه بالنظر لخاصية الاشكال المتشابهة تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ من مخروط ض ا ب ث د مماسة للدائرة المتقدمة فاذن يكون هذا المخروط محتويا على المسافة التي تقطعها الكرة المتحرك مركزها على خط مستقيم ويزداد نصف قطرها او ينقص بالنسبة لبعد المركز من نقطة ثابتة من نقط الخط المستقيم المتقدم

واذا جعل محل الكرة سطح منحن حيثما اتفق امكن ان نرسم من كل نقطة موضوعة خارج السطح المذكور جميع الخطوط المستقيمة التي تكون اضلاعا للمخروط الذي يمس السطح المذكور في كل من اضلاعه فاذا كانت النقطة المجعولة رأسا للمخروط نقطة مضيئة فان المخروط المصنوع على الوجه المتقدم يبين خلف الجسم حد الظل المنعكس بالجسم المذكور واذا رسمنا مع الدقة حد الظل المنعكس بالجسم المتقدم على اى سطح كان لزم تعيين تقاطع هذا السطح مع المخروط المحدد للظل الحادث من الجسم المنير

(بيان الكسوف)

اعلم انهم توصلوا بتطبيق هذه القاعدة على علم الهيئة الى تحديد شكل الكسوف ومقداره ولنفرض ان القمر في مروره بين الارض والشمس يكاد يكون على

خط مستقيم فاذا فرضنا ان القمر والشمس كرتان فانا نرى مخروطا واحدا مستديرا محتويا على الكوكبين المذكورين ويعين فى السماء حد الظل المنعكس بالقمر وكلما مكثت الارض بتمامها خارج هذا المخروط المظل فان الشمس لا تنكسف بخلاف ما اذا دخل جزء منها فى المخروط المذكور فان هذا الجزء يمنع عنه ضوء الشمس وتنكسف الشمس بالقمر وهذا هو المسمى بالكسوف واذا عينا فى كل لحظة من مدة الكسوف وضع كل من الكواكب الثلاثة على حدته وتقاطع سطح الارض مع المخروط المحتوى على الشمس والقمر فان هذا التقاطع يبين على الارض مسافة ما ويلحق الاماكن التى فى هذه المسافة الكسوف الكلى فى الحالة المذكورة وبالجملة اذا رسمنا جميع التقاطعات المفروضة فى الاوقات المختلفة التى يستغرقها كسوف واحد فان النقط التى تكون خارجة عن تلك التقاطعات المتنوعة لا يحصل لها الكسوف الكلى واما النقط الاخر فانه يحصل لها ذلك ويمكث مدة طويلة او قصيرة وبهذه الطريقة يؤخذ من الهندسة جميع الاحوال التى يحصل فيها كسوف الشمس وتتعين بها مع السهولة الاحوال التى يخسف فيها القمر

فاذا كان مخروط قائم مستدير يكتنف سطح الارض والشمس معا فانه ان دخل القمر فى المخروط المظل المنعكس بالارض حصل للقمر خسوف وان دخل القمر بتمامه فى المخروط كان ذلك هو الخسوف الكلى واما اذا لم يدخل فى ذلك المخروط الا جزء من القمر فان ذلك يكون خسوفا جزئيا وفى هذه الصورة الاخيرة نعرف فى اى زمن فرضناه شكل الكسوف ومقداره بتحديد تقاطع المخاريط المحيطة بالشمس والارض مع سطح القمر

واذا فرضنا جسما حيثما اتفق ومددنا عليه كما مر فى شان الشمس اشعة نظرية مماسة له فان هذه الاشعة تعين على هذا الجسم حد النقط التى يمكن مشاهدتها وهذا ما يسمى بالمحيط الظاهرى للجسم الذى فرضناه

وفى التصوير نرسم على سطح اللوح المحيطات الظاهرية لاى جسم كان وهذا هو تقاطع ذلك السطح مع سطح المخروط الذى اضلاعه مماسة للجسم المذكور

ورأسه موضوعة فى مركز النظر فاذن تكون معرفة المخاريط المحيطة بالاجسام لازمة لزوما ضروريا فى تصوير الاجسام المنتهية بخطوط مستقيمة

ومتى اضاءت كرة منيرة مثل و ا ب (شكل ١٩) على كرة اخرى مظلمة مثل و ا ب امكن ان نتصور اولا مخروطا مثل ض ا ا ب يكتنف الكرتين معا ويرسم على كرة و ا ب خط الانفصال الذى بين الظل والنور ويمكن ايضا ان نتصور مخروطا ثانيا مثل م د ط م ن موضوعا بين الكرتين المذكورتين فتكون مسافة ب م ن المنحصرة فى هذا المخروط الذى فوق الكرة الواقع عليها الضوء مشرفة على الكرة المنيرة بتمامها غير انه لا يمكن ان نشاهد من كل نقطة من مسافة ا م ن ب الاجزاء واحدا من الكرة المضيئة فاذن يكون هنالك ظل جزئى ويسمى عند ارباب هذا الفن بالاسم المذكور فاذا اريد رسم ظل عدة اجسام مع الدقة لزم ان نبين مع غاية الاهتمام الظلال وما استضاء منها من الظلال الجزئية ويتوصل الى ذلك بطرق تشبه الطرق التى ذكرناها آنفا

فلو لم يكن سطحا ا و ب و ا و ب متشابهين لما امكن ان المخروط الواحد يحيط بهما معا على وجه التماس بل يكون سطحا منتشرا يمكن رسمه بان نفرض ان اى مستو يمكث مماسا للسطحين المذكورين معا ويرسم مع التعاقب جميع الاوضاع الملايمة لذلك ونصل فى كل وضع بالخط المستقيم النقطتين اللتين يكون فيهما المستوى مماسا للسطحين فيحدث عن مجموع هذه الخطوط المستقيمة سطح منتشر يكون فاصلا بين الظل والنور من الظلال واجزائها المستنيرة على ما يقتضيه وضع الظل خارج الجسم المنير والجسم الواقع عليه الضوء او مروره بينهما ولقد تأسفت على كون ما اودعته فى هذا الكتاب المختصر من الحدود والمبادى يمنع من التطويل فى الكلام على هذه الخواص المستحسنة المتعلقة بالسطوح المنتشرة

واذا اريد تحصين اى ثغر فانه ينبغى تحصين خارجه بحيث لا يمكن فى مسافة

مرمى المدفع ان ترمى مع الاستقامة جسما من الاجسام المعدة للرماية فوق بسطة الحصون التى عليها المحافظون فنتصور سطحا منتشرا مماسا لشاهق الحصن ولرأس الارض التى تكتنف الثغر بقدر مرمى المدفع وينبغى ان لا يقطع السطح المنتشر بالكلية الارض التى فيها المحافظون ولا السطح المرتفع عن الارض بقدر قامة الانسان المعتادة فاذا وفى بهذا الشرط فان داخل الثغر يسمى سردابا اومضيقا ولهذا سميت القواعد الهندسية المستعملة للتوصل الى هذه النتيجة بقواعد عمل المضيق

ويكثر استعمال المخاريط المكتنفة فى الفنون لتحديد اشكال الاجسام فان صانع القباقيب يستعمل نصلة مستقيمة حادة مشدودة من احد طرفيها بنقطة ثابتة ومن الطرف الآخر لها قبضة يقبض عليها بيده اليمنى ويحكم بيده اليسرى وضع قطعة الخشب التى يريد صناعتها ثم يقطها بالآلة المذكورة فينشأ عن هذا القطع فى كل مرة سطح مخروطى مماس للقبقاب فى جميع امتداد خط منحن وينتج عن مجموع هذه الخطوط المنحنية المقطوعة بهذا الوجه عين سطح القبقاب وهو السطح الذى يكتنف بجميع المخاريط المرسومة بالآلة المذكورة

واذا اراد الخراط صناعة جسم على صورة سطح دوران فانه يأخذ اولا آلة قليلة العرض ليصنع بها قطوعا تسكادان تصل الى محيط هذا السطح ثم يأخذ مقراضا مستويا متسعا ويجعله فى اتجاه مماس للمحيط الذى يكون للسطح المذكور فكلما يضع المقراض فى محل يرسم بواسطته مخروطا ويحدث عن مجموع هذه المخاريط المصنوعة بنقل الآلة قليلا قليلا واتجاهها عدة مناطق مخروطية مماسة لسطح الدوران فى سائر جهاته وتلك المناطق مظروفة فى المخاريط وناشئة عنها

وقد تكون جلب البراميل والصوارى المجتمعة مخاريط مماسة لسطوح الدوران المستعملة فى الصوارى والبراميل

ومن الطرق المتنوعة المستعملة فى رسم السطوح ما يزيد فى استطالة اى جهة

من الجهات وزيادتها على اصلها قليلا او كثيرا فتقل منفعتها او تكثر على حسب
ما تقتضيه ضرورة نتائج الصناعة
ولنتكلم الآن على السطوح المكتنفة التي يمكن صناعتها بثنى بعض خطوط
توصل بها السطوح المراد جعلها مكتنفة فنقول
لنفرض خيطا غير قابل للامتداد ايدل على محور اسطوانة او مخروط مستدير
اوغير ذلك من سطوح الدوران ولنفرض ايضا ان المطلوب ربط مركز اى كرة
بهذا الخيط يكتنفها اسطوانة على وجه التماس او مخروط او غيره من سطوح
الدوران ثم نثنى الخيط المذكور على حسب خط منحن فلا يكون السطح المكتنف
لجميع الاكر على شكل اسطوانى ولا مخروطى ولا اى سطح دوران كان
وانما يكون سطحا مركبا من جملة دوائر كل واحدة منها تكون مشتركة بين الاكر
والسطح المكتنف
ومتى انثنى محور الاسطوانة كان السطح المكتنف مصنوعا من جملة دوائر
مساوية للدائرة الكبرى من الاكر المتساوية التى كانت فى مبدء الامر محاطة
بالاسطوانة المذكورة ثم ان مستوى هذه الدوائر كلها عمودى على المنحنى
الحادث عن المحور المنثنى ومركزها موضوع على هذا المحور
ثم ان اعوجاج الالمبق هو من قبيل السطوح المكتنفة يتكون اولا من انثناء
محور الاسطوانة على حسب محيط شكل حلزونى اسطوانى وثانيا من
غلاف جميع الاكر المتساوية التى مراكزها موضوعة على هذا المحور
وكذلك القبوة المستديرة من السلالم الدائرة المنعطفة تكون غلافا للاكر
المتساوية التى مراكزها على محيط شكل حلزونى تكون درجه مساوية
لدرج السلم
وعند برم الحبال ذات البتوت الثلاثة التى كل بت منها على حدته يكون ايضا
البرم غلافا للمسافة المقطوعة بالكرة التى مركزها تابع للخط الحلزونى
المرسوم فى وسط البت
ومن دود الحرير وغيره من الهوام ما هو متركب من حلقات قصيرة شكلها

اسطوانى ومفاصله تنكمش وتنبسط على حسب ارادته وعند تثنى هذه الهوام
يترآى ان جسدها لا يبقى على صورة واحدة ومع ذلك فلا بد ان يكون على صورة
سطح من السطوح التى نحن بصددها

واذا انثنى محور الاسطوانة القائمة المستديرة على حسب دائرة انقلب الى سطح
دوران وهو السطح الحلقى الذى تقدم ذكره فى الدرس الحادى عشر وذكرنا
مستقطبيه وكيفية رسمه

وللسطوح المحيطة بكرة نصف قطرها واحد لا يتغير خاصية وهى انه اذا قطعت
اجزاؤها كل على حدته بسطح مستو عمودى على المنحنى الذى هو محل مراكز
الاكر حدث عن ذلك شيآن احدهما ان المستوى يكون من سائر جهاته عمودا
على الغلاف والثانى ان القطع يكون متحد القدر لانه هو الدائرة الكبرى للاكر
المتساوية

واذا اريد تسيير مقدار من الماء فى قناة ذات قطوع مستديرة لزم ان يكون قطع
القناة واحدا من جميع جهاته اذا اريد سيره على حركة واحدة فى جميع اتجاهه
بحيث لا يعتريها اختناق ولا توقف فى اى مكان كان وينبغى حينئذ ان يكون
سطح القناة المذكورة غلافا للكرة التى نصف قطرها ثابت وينبغى ايضا ان يكون
قطع القنوات المعدة لجريان المياه على شكل منحن او مضلع مسطحه ثابت
لا يتغير وكذلك ينبغى لاجل انتظام ذلك وسهولة العملية ابقاء القطع على شكل
واحد ما عدا الاماكن التى يتعذر فيها ذلك لوجود مانع لا يمكن ازالته

وسنذكر فى الكلام على مراكز الثقل فى الجلد الثانى (عند ذكر الآلات)
طريقة سهلة فى تحديد حجم الاجسام والابعاد المحددة بسطوح القنوات التى
بينا حدها قريبا وانما ذكرنا هنا طريقة مختصرة سهلة المأخذ مضبوطة كثيرة
الاستعمال فى الفنون فنقول

قد يصنع الحداد والمرصصاتى وصانع الزجاج وصانع الفرفورى والنحاس من
محصولات صنائعهم اشياء كثيرة على شكل سطوح القنوات فانهم يصنعون
اولا مناشير او اسطوانات مصمتة او مجوفة ويجعلون لها نوع انعطاف وغرضهم

من

من ذلك ان تبقى الاجسام التى يثنونها بهذه الكيفية على شكلها الثابت الذى عليه القطوع المعترضة

ومن هذا القبيل الذى نحن بصدده الاربعيات والحلقات والاطواق المتخذة من الحديد والنحاس وغير ذلك وربعيات السدادات والبايات التى على شكل حلزونى والقصبات الملتفة لفا منحنيا والانابيب وزجاجات البارومتر واوردة الاجسام البشرية

وقد ذكرنا فى الكلام على تقاطع السطوح انه يمكن رسم السطوح المضاعفة الانحناء بالحلقات والخرجات الاسطوانية اوالمخروطية كجذع الاعمدة مثلا وانما ينشأ عن هذه الطريقة فى السطوح القنوية خلل وهو ان جهة الطول تكون غير متصلة ببعضها وان القطوع فى الجهة المعترضة تكون غير ثابتة

وهنا لك مدن يصنع فيها السمكرية والنحاسون الصفائح المعدنية صناعة مخصوصة فيجعلون لها انحناء مضاعفا ويبقون قطعها على انتظامه واستمراره فى جميع اجزائه وسمكرية مدينة ليون فى هذا المعنى امهر من سمكرية مدينة باريس

ثم ان مهندسى القناطر والجسور لهم فى رسم الاجزاء المنحنية من قنواتهم قواعد هندسية مخصوصة والقصد منها ابقاء القطاع على شكله الثابت وجعل صورة الاشياء التى يرسمونها عمودية من جميع الجهات على سطح القناة

وعوضا عن ان نفرض ان سطح الجسم الثابت يقطع بعض مسافات يطلب البحث عن غلافها نفرض ان السطح المتحرك يتغير مقدارا فيبدو ن تغير شكله والاسهل فى ذلك الكرة التى تكلمنا عليها فى (شكل ١٦) لان نصف قطرها يتغير بخلاف مركزها فانه يقطع خطا مستقيما وقد تقدم لنا ان الغلاف هو سطح دوران وان كل كرة يمسها ويحيط بها سطح الدوران المذكور على حسب اى دائرة لان هذه الدائرة متوازية ويحدث عن تعدد الدوائر المتوازية سطح الدوران

ولنفرض الآن ان مراكز هذه الاكر ثابتة على محور سطح الدوران فنثنى هذا

المحور على حسب خط منحن ايا ما كان فيختلف عظم الغلاف الذى حدث فى الاكر باختلاف نفس الاكر المذكورة الانيس ويحيط دآئما كل كرة على حسب الدآئرة وفى الكائنات كثير من نوع هذه السطوح

فان الثعبان اذا امتد على الاستقامة كان شكله سطح دوران شبيها بسطح المخروط الممتد وكلما تثنى عرض لسطح جسمه شكل جديد ومع ذلك فيحدث عنه دآئما غلاف بجملة من الاكر التى يمكن للانسان ان يتصور انها محاطة على وجه التماس بسطح جلده

ولما كان شكل الثعبان له انثناآت وتعريجات قلده ارباب الفنون حيث جعلوا على شكله آلة الموسيقى التى تسمى بالسربان (شكل ١٧) والنفير (شكل ١٨) ونفير الصيد (شكل ٢١) وبريمات السدادات وغيرها

فاذا فرض ان الثعبان ينثنى على شكل حلزونى بحيث يكون ذنبه مركزا كما فى (شكل ٢٠) كان سطح جلده مشابها لسطح كثير من الصدف على اختلاف انواعه

ثم ان اغلب اطراف قرون الحيوانات على شكل سطح من السطوح المذكورة (شكل ٢٢)

وقد جعل ارباب الفنون على شكلها جملة من الات الموسيقى كنفير الجيوش الخفيفة فان سطحه من هذا النوع وكذلك بوق انعكاس الصوت فانه ايضا على هذا الشكل

ولاجل صناعة آلات الالحان التى نغماتها جامعة بين الدقة واللطافة يلزم ان يكون سطحها المنحنى ممتدا ومتناسقا وعليه فيجب ان ينتخب لصناعتها طرق تبقى هذا التناسق فى جهة الطول التى بموجبها يندفع الهوآء فى الآلة وفى الجهة المعترضة التى يكون القطع فيها دآئما مستديرا

وقد تستعمل الطرق المتنوعة التى ذكرناها فى عمل جملة من السطوح لمعرفة صحيح الطرق المستعملة عند صناع الالات السابقة من فاسدها وتبديلها فى الغالب بطرق أخر اصح واضبط منها

بيان

(بيان اجرآء عملية الصقل والجلى وغير ذلك)

لا يكفى ان تقتصر فى الفنون على ان تحصل بواسطة الطرق البديعة صحة الاشكال سوآء بلغت الغاية اولا بل ينبغى ان السطوح المصنوعة بهذه الطرق ولو كان الغرض منها مجرد سرور الناظر تكون متناسقة مصقولة بحيث يكون انتظام ذلك ورونقه مستلزما لزيادة قيمة محصولات الصناعة ومن ثم ظهرت العمليات الاخيرة المستعملة فى جملة من الفنون للصقل والجلى وغير ذلك ولهذه العمليات عند اجرآئها حركات يرسم فيها الجسم الصاقل سطوحا مماسة للجسم المراد صقله بحيث يكون الجسم الاخير غلافا للمسافات المقطوعة بالجسم الاول

واذا اقتضى الحال جلاء مسورة بندقة فاننا نضع قطعة خشب مستوية جيدة الصقل مماسة للمخروط الناقص الذى هو عبارة عن ظاهر البندقة ونسيرها على حسب اتجاه اول ضلع من المخروط فتكون حينئذ المسافة المقطوعة هى المستوى المماس للمخروط وبتكرار هذه العملية فى سائر اضلاع المخروط يكون ذلك المخروط غلافا لجميع المستويات المماسة فاذن يتم جلاء البندقة

ولاجل صقل الكرة نضعها فى اسطوانة بحيث يمكن تقديمها وتأخيرها وتقليبها على سائر جهاتها ولا مانع من وضعها على دولاب يمر محوره بمركزها ثم نديرها تحت آلة صقل مستوية توضع تدريجا فى مواضع مختلفة مماسة لهذا السطح فبهذه الكيفية نصقل الكرة بواسطة المخاريط التى غلافها تلك الكرة

وتصقل المرآة الكبيرة بمسحها بسطوح يكون مستويها المماس فى جميع اوضاعها هو المستوى المراد صقله ومن هذا القبيل انواع الزجاج المستوية والكروية المستعملة عند صناع آلات النظر فى عمل آلاتهم

واذا اسمح نجار السفن واصلح بقدومه جانب السفينة فانه يزيل كلما ضرب بهذه الآلة الخشب الزائد على حسب شكل سطح دوران مماس للسطح المراد تصليحه اعنى سطح السفينة المصقول ويكون هذا السطح فى الحقيقة غلافا لسطوح الدوران الحادثة من ضرب القدوم

واعلم ان ماذكرته لك وان كان موجزا مختصرا جدا الا انه يكفي ارباب الفنون ان يستنبطوا منه ان الاشكال الهندسية التي تميز الخطوط من السطوح يطبق عليها بدون واسطة العمليات المتنوعة المهمة في اغلب الفنون وانه لعدم التفاتنا الى اشكال المحصولات الطبيعية والصناعية لم نشاهد فيها الاشكال الهندسية وخواصها وطرق الرسم واجرآء العملية التي تنتج عن هذه الخواص التي لا تخلو عن مدلول

ومتى التفت الصانع بالكلية الى تلك الفائدة الناشئة عن النظر في صور الاجسام تفرغ لمعرفتها وداوم على تذكارها بحيث لا يمكنه تركها واهمالها فعند ذلك يعتني بالبحث عن محصولات صنعته كما يعتني الطبيعي بالاشياء الطبيعية وما احتوت عليه و يلتفت اليها التفاتا كليا فيعرف النسبة بين ماعرض عليه من الاشياء الجديدة و بين ما ماثلها من الاشياء المعروفة عنده من قبل و يعرف ايضا ما بينها من الاختلاف الذي يعينه على التمييز بين انواعها وافرادها وهذا التفرغ والالتفات ليس مقصورا على مجرد ميل النفس وتولعها بذلك بل يترتب عليه نتائج مهمة جدا تكمل بها الصناعة ويمكن الاخبار بوقوعها قبل اوانها

ولا يمكن الوصول في اى فن من الفنون الى غاية الكمال الا بالمداومة على ممارسة قواعد الرسم الهندسي الصحيحة فعلى ارباب الصنائع ان يبذلوا جهدهم في معرفة طرق الرسم المبينة في كتب الهندسة الوصفية فيصلون بها الى معرفة براهين الخواص المفيدة التي لم اتعرض في كتابي هذا الا لذكر روس مسائلها وهل ينكر انه لو لم تنتشر معرفة الهندسة الوصفية ورسم الخطوط في فوريقات الافرنج وورشهم لبقيت صنائعهم على حالتها الاصلية ولم تتسع دآئرتها ولم تصل الى هذه الدرجة التي هي عليها الآن

(الدرس الخامس عشر)

في بيان انحناء الخطوط والسطوح

اذا فرض اننا نسير على خط منحن ناظرين دآئما الى اتجاه الخط المماس لهذا

المنحنى

المنحنى بالنظر للنقطة التى يكون فيها الانسان فانه لا يكفى ان نستمر على السير الى جهة الامام بل يلزم الانعطاف فى كل وقت بجهة الخط الداخلى من الخط الواقع عليه السير فاذن يكون انحناء هذا الخط مناسبا لمقدار الانعطاف المنقسم فى كل مسافة صغيرة تم عبورها

واذا سرنا على الدآئرة لاجل قطع اقواس متساوية فانه ينبغى الانعطاف بمقادير متساوية فاذن يكون انحناء الدآئرة على حالة واحدة فى جميع اجزآئها

واذا سرنا بالتوالى حول دآئرتين غير متساويتين (شكل ١) وكان نصفا قطريهما ر و ر كان ١٤ر٣ × ٢ ر هو مساحة محيط الدآئرة الكبرى وكان ١٤ر٣ × ٢ ر هو مساحة محيط الدآئرة الصغرى الا انه اذا قطعنا دآئرة بتمامها وسرنا دآئما حول محيطها فان مقدار الدور يكون ٣٦٠° فاذن تكون النسبة بين انحنائى ش و ش للدآئرتين

كنسبة ٣٦٠° / ٣،١٤×٢ر : ٣٦٠° / ٣،١٤×٢ر او :: ١/ر : ١/ر

فلذا كان محيط الدآئرة الصغرى (شكل ١) هو اكبر انحناء من محيط الدآئرة الكبرى بالنسبة المنعكسة بين نصف القطر الاصغر ونصف القطر الاكبر فاذن تكون النسبة بين انحنائى الدآئرتين كنسبة نصفى قطريهما المنعكسة فمن ثم كان كلما كبر نصف القطر صغر انحناء الدآئرة حتى يصير غير محسوس

(بيان اجرآء العملية فى انحناء الارض)

حيث ان نصف قطر الارض يزيد على ستة ملايين من الامتار كانت دآئرتها الكبرى اقل فى الانحناء بنحو مليون من دآئرة نصف قطرها ستة امتار وتكون ايضا اقل بثمانية ملايين من دآئرة كعجلة عربة فلذا ترى انحناءها غير محسوس فى المسافات الصغيرة ولا يمكن ادراكه الا فى البحار والسهول الواسعة

ثم ان معرفة انحناء الارض يتوصل بها القياس ارتفاع الجبال والسواحل على وجه التقريب اذا علمت المسافة بين هذه الاماكن والنقطة التى يكون فيها الراصد

ولنفرض مثلا ان آب هو نصف قطر الارض وان ش د (شكل ٢)

هو الجبل الذى رأسه وهى د تغيب عن عين الراصد المنتقل منها الى نقطة ب فمتى علمنا مسافة ب ش بعد نصف قطر ا ش د امكن معرفة قياس مسافة ش د فاذا كانت زاوية ا ب ش صغيرة جدا كان قوس ب ش مساويا على وجه التقريب الكلى للعمود النازل من نقطة ب على ا د وينتج هذا التناسب وهو

ا ب : ب ش :: ب ش : ش د

اعنى ان نسبة نصف قطر الارض الى مسافة ب ش التى بين الجبل والنقطة التى فيها الراصد كنسبة هذه المسافة الى ارتفاع ش د من الجبل

وبناء على ذلك يكون ش د = $\frac{\text{ب ش}^2}{\text{ا ب}}$

ومتى عرف البحارة بطريقة على عكس الطريقة السابقة ارتفاع ش د الذى هو ارتفاع صار من صوارى السفينة أواى جزء منها عرفوا مسافة ب ش التى بينهم و بين هذه السفينة ومثل ذلك مهم جدا فى مدة الحرب فقد ذكرنا آنفا ان نصف قطر الدائرة هو مقياس انحناء محيطها ونذكر هنا انه يستعمل ايضا لقياس انحناء الخطوط المنحنية فان قياسه بواسطة الخطوط المستقيمة من ابدع المخترعات الهندسية لما فى ذلك من الايجاز فى العمليات الخاصة بالانحناء فنقول

اذا فرض ان خطا منحنيا كخط ا اً اً ز (شكل ٣) هو المراد معرفة انحنائه فاننا نأخذ نقطه المتجاورة جدا ثلاثا ثلاثا ثم نرسم من ثلاث نقط متوالية مثل ا و اً و اً دائرة ا ب ش التى يكون انحناؤها كانحناء خط ا ز المنحنى فى قوس ا اً اً الصغير ويمكن اجراء هذه العملية فى اى نقطة كانت ولنبين بهذه الطريقة الدوائر التى يكون انحناؤها كانحناء الخط المنحنى فى سائر نقطها وانصاف اقطارها فنقول

كل دائرة مثل ا ب ش كان انحناؤها فى نقطة ا كانحناء خط ا ز تسمى دائرة مماسة تقريبية من هذا الخط المنحنى ونصف قطرها هو نصف قطر

الانحناء

الانحناء ومركزها مركزه

وحيث ان نصف القطر عمود على محيط الدائرة في نقطة ا وليس هنا فرق بين محيطها في نقطة ا و اَ و اً ومحيط المنحني فانه ينتج من ذلك ان نصف قطر الانحناء عمود على المنحني وانه مقياس انحنائه

ولنفرض انا مددنا من نقط مختلفة كنقط ا و اَ و اً (شكل ٤٠) الشديدة القرب من بعضها خطوطا عمودية على منحني ا ز واخذنا طولا كطول ا و لنصف قطر الانحناء في نقطة ا وطولا آخر كطول اوَ لنصف قطر المنحني في نقطة اَ وطولا ثالثا كطول اوً لنصف قطر الانحناء في نقطة اً وهكذا فحيث ان نقطتي ا و اَ على قوس الدائرة التي مركزها نقطة و ينتج ان و ا = و اَ ولذلك ينتج ايضا ان وَ و ا = وَ اً وان وَ و اً = وَ اً وهلم جرا

واذا ابتدأنا في نقطة ا التي هي نهاية خيط غير قابل للامتداد وشددنا هذا الخيط على حسب اتجاه ا و وعلى حسب المحيط المفروض بنقط و و وَ و وً الخ التي هي مركز انحناء ا ز ثم قربنا نقطة ا بشد الخيط المذكور من غير ان يتجاوز طول و وَ وَ وهلم جرا فان جزء الخيط وهو ا و يرسم قوس دائرة صغيرا مثل ا اَ يكون بتمامه على منحني ا ز حيث ان مركزه هو مركز الانحناء وهو و من خط ا ز واوله من نقطة ا

فاذا وصل هذا الخيط الى نقطة اَ صار مشدودا شدا مستقيما من اَ الى وَ واذا قدمنا نقطة ا لتمر من اَ الى اً فان الخيط المشدود شدا مستقيما من وَ يرسم قوس دائرة مثل اَ اً يكون مركزه نقطة وَ فاذا مرت ايضا نقطة مثل ا من اً الى اٌ فانها ترسم قوس اً اٌ يكون مركزه في نقطة وً وهكذا

فعلى ذلك اذا عرفنا جملة نقط شديدة القرب من بعضها كنقط و و وَ و وً الخ التي هي مراكز انحناء خط ا ز فانه يمكن ان نرسم بالسهولة منحني ا ز

بواسطة خيط قابل للانثناء وليس قابلا للامتداد وتزداد هذه القاعدة صحة وضبطا كلما قربت ابعاد المراكز وهى و و وَ و وَ الخ من بعضها وتكون على اتم الوجوه اذا تعاقبت هذه النقط بدون فاصل وكانت على صورة خط منحن مستمر

ثم ان الطريقة التى ذكرناها وان كانت قاعدة تقريبية الا ان رسم منحنى ا ز بها اصح وادوم اتصالا مما اذا بدلنا هذا المنحنى بمضلع مصنوع باوتار ذلك المنحنى او مماساته وبواسطة هذا الرسم الجديد تكون جميع اقواس الدائرة التى اقيمت محل منحنى ا ز متوافقة فى الطول ولا يوجد فى هذه الصورة زوايا كما فى رؤس الاشكال المضلعة ولا اضلاع مستقيمة تقوم مقام بعض الاجزآء المنحنية

فمن ثم ينبغى أن نستعمل الطريقة الجديدة فى تحصيل شكل المنحنيات التقريبية التى كلما كان اتصال الانحناء ضروريا جدا تعذر رسمها مع غاية الصحة والضبط

وقد سبق لنا ان خيط ا و وَ الخ يشد حين ترسم نقطة ا التى هى نهاية خط ا ز المنحنى فاذا اختبرنا منحنى و ح خ ... س الذى تقطعه النقطة المبينة من مبدء الامر على هذا الخيط رأينا س وم يساوى الطول الكلى لجزء الخيط المنثنى من مبدء الامر على حسب و وَ ... و م ويطلق خط الانتشار على كل خط منحن مثل و ح خ س الذى به ينتشر منحن آخر مثل و وَ ... وَم بحيث يكون طوله مساويا لنصف قطر انحناء و وَ و ح وَ و ح وْ الى س و م من منحنى و ح خ س

ثم ان خطوط الانتشار تستعمل كثيرا فى الفنون لاسيما خط انتشار الدآئرة (شكل ٥) فان ارباب الميكانيكة يستعملونه فى قطع اضراس آلاتهم على وجه مناسب

ولنفرض ان مدق ا ب (شكل ٦ و ٧ و ٨) يكون موضوعا فى مجرى بحيث يكون فى صعوده ونزوله على خط قائم محدد والمطلوب هنا بيان كيفية

رفعه وتنزيله فنقول

لاجل ذلك نضع عمودا اسطوانيا افقيا مثل ث يمس على وجه التماس مبيتة بارزة مثل د ٥ اسفلها على صورة خط مستقيم متصل بمركز العمود عند نزول المدق الى نقطته السفلى (شكل ٦)

ونعين على محيط العمود قوس و ح خ ز من خط الانتشار لمحيط و وَ وَ للدائرة المستعملة قاعدة للعمود

فاذا دار هذا العمود فان نقطة و تصل من مبدء الامر الى الوضع الذى كانت تشغله نقطة و وفى هذه الصورة يكون مماس وَ ح من الدائرة قائما (شكل ٧) فاذن ينبغى ان مبيتة ٥ د التى تجذب معها المدق ترتفع ارتفاعا مساويا لارتفاع وَ ح فاذا استمر العمود على دورانه فان نقطة وَ تصل لموضع و الاصلى وحينئذ ترتفع المبيتة والمدق ارتفاعا يساوى و خ وبالجملة فباستمرار العمود على الدوران تصل نقطة وْ للموضع الاصلى من نقطة و (شكل ٨) ويصير وْ ز قائما فاذا انعدم ما يحجز المبيتة انقطع دفعها للمدق عن السقوط لثقله فتنقطع حركته حتى ينتهى دوران العجلة ثم ترفع المدق ثانيا

وفائدة هذه الحركة كونها تحصل بدون اضطراب وتستمر على قوتها كما سيأتى فى الميكانيكة وقد تكلمنا فى الدرس الثالث عشر على المنحنى المسمى بالقطع الناقص الذى له مدخلية كبيرة فى العمليات وحيث ان هذا المنحنى وهو ا ب ث (شكل ٩) متماثل المحورين فان خط انتشاره وهو د ٥ ف يكون ايضا متماثلا بالنسبة للمحورين المذكورين ثم ان اكبر انحناء القطع الناقص يكون فى نهاية محوره الاكبر واصغر انحنائه يكون فى نهاية محوره الاصغر

واذا اردنا رسم قطع ناقص كبير (شكل ٩) يكون ممتدا ومتواصلا امكن ان نرسم الخط المنتشر وهو د ٥ ف ونرسم ايضا ا ب ث بواسطة خيط اياما كان او بشاقول ينثنى تارة على حسب د ٥ وتارة على حسب

ه ف

ومن المهم ان نذكر لك انه ولو رسمنا مع منتشر د ه ف شكلا مضلعا اى عدة خطوط ينشأ عنها عدة زوايا فان منحنى ا ب ث لا يرى فى سائر جهاته جزء مستقيم ولا زاوية وانما يكون له شعبتان لا يوجدان فى خط د ه ف ويكون للمنحنى الذى خط انتشاره ا ب ث اتصال اكبر من المنحنى المذكور لان انصاف اقطار انحنائه تزيد وتنقص على التدريج ولو تعاقبت انصاف اقطار منحنى ا ب ث بدون اتصال كما فى رسم المنحنى المسمى باذن القفة راجع الدرس الرابع (شكل ٣٦)

فمن هنا تعلم ان الاتصال على انواع مختلفة لا بأس بايرادها هنا فنقول

اولا يمكن رسم خط منحن (شكل ١٠) بواسطة عدة نقط منفردة قريبة من بعضها جدا كالخطوط المنقطعة التى تستعمل فى الرسم وكالاتجاهات المعينة بصفوف اشجار مغروسة على ابعاد مختلفة الطول بموجب الخطوط المستقيمة او المنحنية التى يتصورها الانسان مع السهولة اذا كان لهذه الخطوط المنحنية نوع اتصال غير ان الاتصال هنا يدل عليه عدة نقط كما يرمز اليه بالارقام فى الجداول التى يعرف بها وضع جملة نقط لخط منحن ومثال ذلك رسم قارين السفن

ثانيا يمكن ان نرسم خطا منحنيا بواسطة عدة خطوط مستقيمة تكون اوتارا لهذا المنحنى مثل اا َ و ا َا ً و ا ًا ً الخ (شكل ١١) او خطوطا مماسة مثل اا َا ً الخ (شكل ١٢) وفى هذه الصورة الثانية يكون فى تعاقب النقط اتصال لا يوجد فى الاتجاه بحيث يتغير الاتجاه فى كل رأس مثل ا َ و ا ً و ا ً من الشكل المضلع تغيرا غير محسوس

ثالثا يمكن ان نبدل الخط المنحنى بعدة اقواس دوائر كاقواس ا ا َ و ا َا ً و ا ًا ً (شكل ٤) التى نصف قطر انحنائها يكون تقريبا عين نصف قطر الخط الذى ابدل بتلك الاقواس وفى هذه الصورة يكون فى تعاقب النقط وفى اتجاهها اتصال فاذا كانت الاقواس صغيرة جدا كان الاتصال فى اتجاه الخط المنحنى وفى انحنائه وعلى هذا الوجه يرسم المعمارجية الصورة الجانبية من القبوات

المنكسة كما تقدم وكذلك مهندسو القناطر والجسور فى رسمهم لعيون القناطر الغير المستديرة

ثم ان الفنون بحسب اهمية عملياتها وما يلزم لها من الضبط الذى عليه مدار نجاحها الابد فيها من استعمال هذا الاتصال على اختلاف درجاته فى تركيبها وحركاتها فعلى نظار المعامل والكرخانات ان يختاروا بحسب اللزوم والاقتضاء الطريقة الجامعة لشروط السهولة والاختصار والضبط التام

ولا بأس بذكر طريقة ميكانيكية يستعملها مهندسو السفن اذا ارادوا تجسيم اتصال الاتجاه والانحناء من الخطوط التى بواسطتها يحددون ويعمرون شكل قارين السفن وحاصلها انهم يعينون النقط المنفردة التى يمر بها الخط المنحنى ثم يضعون المسامير من جهتى النقط المذكورة على بعد بحيث يمكن ثنى المسطرة الرقيقة ووضعها بين المسامير المزدوجة وبالجملة فينبغى ان نرسم بقلم الرصاص الخط المنحنى المبين بطول المسطرة المثنية بحيث يمر بسائر النقط التى هى ا و أ و اً الخ (شكل ١٣) ولابد من ممارسة هذه العملية مرارا عديدة قبل اجرائها ليكون رسم انحناء الخط من اوله الى آخره على وجه تدريجى غير محسوس بحيث يرى فيه قدر الاتصال الذى يعين على اضعاف المقاومة التى تحصل للمياه عند مرورها بطول القارين وقت سير السفينة فعلى مهندسى السفن ان يطالعوا الاشكال الهندسية فان لهم فيها فائدة عظيمة توصلهم الى هذا الغرض وتكسبهم اصالة الرأى وسرعة التمييز

ولا يليق الآن ان تستعمل طريقة رسم الصور الكبيرة فى رسم الصور الصغيرة المنقولة على الورق بل تبدلت المساطر الكبيرة المتخذة من الخشب بمساطر صغيرة متخذة من رياش القيطس منها ما يكون سمكه واحدا ويستعمل فى رسم الخطوط المنحنية التى انحناؤها لا يتغير الا بمقدار قليل ومنها ما هو مرقق شيأ فشيأ فى احد طرفيه او الطرفين جميعا ويستعمل فى رسم اجزاء الخط المنحنى الذى ينقص انحناؤه كذلك شيأ فشيأ من طرف الى آخر ثم تثنى هذه المساطر بحيث يمر محيطها بالنقط المعينة على المستوى لما انها نقط المنحنى المطلوب الذى يرسم بقلم

رصاص يستند على المسطرة المنثنية على شكل خط منحن ولاجل سهولة الرسم على الورق ابدلوا ايضا مساميررسم الصور الكبيرة الشبيهة بالصور التى يرسمها مهندسو السفن فى عنابر الجبريات وهى محيط القارين المنتصب بقطع رصاص مصنوعة على شكل المثلث ومستورة بالورق اوالقماش كقطع ح و خ و خ الخ (شكل ١٤)

و يستعمل غالبا الرسامون فى رسم خطوط منحنية تمر بنقط معلومة آلة يسمونها طبنجة لانها على شكلها المرموزله بهذه الاحرف وهى ا ب ث د ه (شكل ١٥) ولما كانت هذه الآلة متنوعة الانحناء امكن ان نضعها فى اغلب الصور بحيث ترسم بالتدريج شكلا مجردا عن الزوايا يكون انحناؤه متواليا بدون أن يكون فيه خروج

والى الآن لم نتكلم الاعلى انحناء الخطوط المرسومة فى مستو واحد كالخطوط التى تسمى بذات الانحناء المفرد ولكن هنالك خطوط لايمكن رسمها على مستو واحد لازدواج انحنائها كالخطوط الحلزونية المرسومة على الاسطوانات والمخاريط ونحو ذلك ولنتكلم عليها فنقول

اذا اريد رسم الخطوط ذات الانحناء المزدوج كذات الانحناء المفرد فلا مانع ان نأخذ دائما النقط المتتالية بدون فاصل التى تتركب منها الخطوط المذكورة ثلاثا ثلاثا ثم نمر بدائرة من كل ثلاث نقط تكون هذه الدائرة هى دائرة المنحنى المماسة التقريبية لسائرامتداد المسافة الصغيرة المنحصرة بين النقط الثلاثة واذا اطلق السطح المماس التقريبى فالمراد به سطح الدائرة المماسة التقريبية ولايمكن ان تكون دائرة اخرى اقرب من ذلك الى المنحنى المزدوج الانحناء وذلك من مبدء المسافة المعتبرة * وبواسطة طريقة المستويات والدوائر المماسة التقريبية يمكن لارباب الفنون أن يرسموا باجتماع عدة اقواس دائرة متعادلة على وجه التماس سائر الخطوط المزدوجة الانحناء ويكون هذا الرسم على وجه التقريب والاتصال التام

وهنالك ملحوظات لطيفة جيدة فى شأن انحناء الخطوط السابقة غيرانها ليست

من

من المبادي رأسا ولا تكثر مدخليتها في عمليات الصناعة العاديه فلا وجه لايرادها

واما انحناء السطوح فهو بعكس ذلك اعني انه متواتر جدا لا يستغنى عنه في عمليات الصناعة

(بيان انحناء الكرة)

الكرة هي سطح يسهل قياس انحنائه وبيانه * وذلك بان نأخذ على الكرة نقطة ما كنقطة ا (شكل ١٦) ونمد من نقطة و المعتبرة مركزا نصف قطر ا و فيكون نصف القطر المذكور قياس الانحناء في نقطة ا لسائر القطاعات الحادثة في الكرة عن مستو يشتمل على نصف قطر ا و ويكون ايضا قياسا لانحناء الكرة وهو كما ترى انحناء ثابت في سائر جهات السطح وفي جميع نقطه فمن ثم ينتج ان كل نصف قطر كرة يكون نصف قطر انحنائها ونصف قطر القطاعات الحادثة عن مستو مشتمل على نصف القطر المذكور .

ونصف قطر انحناء الاسطوانة القائمة المستديرة بالنظر لقاعدتها هو عين نصف قطر الكرة التي تكتنفها تلك الاسطوانة او تمسها بحسب محيط قاعدتها واما بالنظر لضلعها وهو ا ب (شكل ١٧) فلا انحناء لها اصلا بحيث اذا سئل عن طول نصف قطر الدائرة المماسة التقريبية للاسطوانة بالنظر لضلعها يجاب بانه غير متناه

ومن هذا القبيل المخروط القائم المستدير فان نصف قطر انحنائه من جهة قاعدته هو نصف قطر الكرة التي يكتنفها بخلافه من جهة ضلعه فانه لا انحناء فيه

وبالجملة فباقي الاسطوانات والمخاريط على اختلاف انواعها وكذلك جميع السطوح المنتشرة ليس لها انحناء من جهة اضلاعها المستقيمة الزوايا بخلاف جهتها العمودية فلها انحناء متفاوت في الظهور

ويظهر لك من الاسطوانات والمخاريط ان مركز انحناء القطاعات الحادثة بواسطة نصف قطر ا و من القاعدة (شكل ١٧ و ١٨) يكون في داخل

السطح المنحنى فعلى ذلك تكون انصاف اقطار ا و و ا َو و ا َو الخ متجهة فى جهة واحدة وموازية لبعضها فى امتداد ضلع ا ا َ ا َ الخ ب من السطوح المخروطية والاسطوانية

وليست السطوح المعوجة من هذا القبيل * مثلا اذا نظرت الى السطح المعوج من السلم رأيت فيه من جهة تجويف الانحناء الى اسفل ومن اخرى اعنى الجهة العمودية الى اعلى

ثم ان ما يوجد فى حلق طارة البكرة (شكل ١٩) من الانحناء القليل تراه متجها فى الجهة العمودية على محور الطارة ويكون مركز ذلك الانحناء موضوعا على نفس هذا المحور بخلاف ما فى الجهة الموازية للمحور فان المركز العظيم الانحناء من حلق الطارة يكون فى نقطة ت التى على بعد واحد من نقطتى م و ح اللتين هما طرف حلق الطارة المذكورة

فمن هنا ظهر ان السطوح بالنظر لانحنائها على ثلاثة انواع

ففى النوع الاول يكون اتجاه انحناء الخطوط التى يمكن رسمها على اى سطح كان متجها فى جهة واحدة ويدخل تحت هذا النوع الكرة والمجسمات الناقصة والسطوح البيضاوية وما اشبه ذلك

وليس فى النوع الثانى الا جهة واحدة انحناؤها ظاهر واما الجهة الاخرى فهى خالية عن الانحناء بالكلية ولا يدخل تحت هذا النوع الا السطوح المنتشرة والاسطوانية والمخروطية وما اشبهها

ويوجد فى النوع الثالث جزء من الانحناء متجه فى جهة والجزء الآخر فى الجهة المقابلة لها بحيث اذا امددنا من نقطة معلومة من السطح خطا عموديا على السطح المذكور فانه يوجد على الخط العمودى المذكور من احدى جهتى السطح جزء من مراكز انحناء القطاع والجزء الآخر يوجد من الجهة الاخرى

وهذه الانواع المذكورة توجد فى ظاهر الجسم البشرى على اختلاف شكل اجزائه فمن النوع الاول اشكال الاطراف البارزة عن البدن كالعقب والرضفة والركبة والكتف واطراف الاصابع فان لكل منها انحناءين متجهين

في جهة واحدة

واما الفخذ والساق والذراع فيها جزء لانحناءه في احدى جهاته فهو من النوع الثاني

ومن المشاهد ان مفاصل الاذرع والاصابع والآباط وما اشبهها وكذلك مربط الرأس والجسم بالعنق وغير ذلك من قبيل النوع الثالث ذي الانحناءين المتجهين في جهات متقابلة

ثم ان صانعي التماثيل وارباب الرسم بتمرنهم واعتيادهم على رسم صور الاجسام البشرية وملاحظة انحناء اجزائها المختلفة يظهر لهم فيها تفاوت دقيق فبقدر اجتهادهم في التوفية بهذا التفاوت تكون صناعتهم مقبولة لدى ارباب المعارف فاذا سلكوا في ذلك مسلك الضبط والجودة كانت صناعتهم بديعة تروق الناظر وتعجب الخاطر والا نفرت منها نفوسهم واستبشعوها

وانحناء تلك الاجزاء المختلفة له تعلق وارتباط عظيم بشكل العظام والاعصاب والعضلات المكسوة بالجلد فيجب حينئذ على الرسام المتبحر في فنه أن يقف على حقيقة الاشكال التي يريد رسمها مع غاية الاهتمام بحيث يكون رسمه مبينا لما استتر من اشكال الاجزاء الداخلية التي يمكن رؤيتها

وفي صناعة بعض المصورين خطأ بين وهو كونهم يجعلون بعض اجزاء سطح الجسم البشري بارزا جدا او منحنيا انحناء شديدا او محدبا تحديبا مفرطا لتكون الاشكال البشرية على غاية من البيان مع انها في الواقع دقيقة لا يدركها النظر وما ذاك الا تصنع حملهم عليه التأنق والزخرفة ومثل هذا الامر لا يليق بكبار الاساتيذ

ثم ان سطح سيما الانسان لا يخلو عن تغير لطيف منوط بالتأثرات الباطنية دائمة كانت او وقتية فاما الاولى فينشأ عنها في انحناء الاجزاء المتغيرة بل وكذلك في منظر الاجزاء الثابتة اشكال تبقى زمنا طويلا وتدرك دقائقها بدوام البحث ومزيد التأمل وذلك كهيآت الوجه وسيماه واما التأثرات الوقتية فينشأ عنها في تقاطيع الوجه تغير بين او غير بين فلذا كانت معرفته من اهم الامور في ممارسة

الفنون المستظرفة لكونه على انواع مختلفة يختار منها الاذكيا من ارباب الفراسة الاشكال المضبوطة التى هى بالنسبة لما ركبوه اتم من غيرها السابقة للاوصاف والاحوال من بشاشة وعبوس وغوص الفكر فى الدقائق وسوء الطوية
وهنالك مبحث آخر مستحدث يتعلق بشكل رأس الآدمى لابأس بايراده فنقول انه زيادة على ما فى انحناءى الجمجمة الاصليين من الانتظام يرى فى محال من جماجم بعض افراد من بنى آدم تثنيات وانحناآت متنوعة بينة وغير بينة وهذه الاجزآء سواء كانت قليلة الانحناء والتحديب اوكثيرته تعتبر كانها علامات خارجية يستدل بها على قوة ادراك الانسان وضعفه وعلى ميله وطبيعته
وقد يسهل على من اطلع على هذا المبحث ان يكسوه ثوب الهزء والاحتقار الا ان الفطن الباحث عن نواميس الطبيعة لايبادر بالافراط فى الذم اوالمدح حيث ان هذا المبحث الجديد لابدّ أن يسلك الانسان فى مطالعته مسلك الجدّ ولوصح ان الانسان يتصدّى للبحث عن كل شئ ويبين اسبابه لنشأ عن ذلك تكثير العلامات المفروضة لانواع الميل والقوى العقلية الا انه يكفى وجود عدّة قليلة من نسب القوى العقلية تكون علامات متباعدة مختلفة عن بعضها قلة وكثرة فى شكل الجماجم لتصير دراسة اختلافات المنحنيات فى المباحث التى يشتغل بتحقيقها فكر العاقل
وللاجزآء المتنوعة التى يتألف منها هيكل الحيوانات حجم واشكال مستقيمة اومنحنية تجعلها قابلة للتحرك قلة وكثرة وهذا موضوع علم جديد يقال له علم تشريح الحيوانات وهو علم تضبط ان شاء الله تعالى مباحثه ويكون ذلك بمقابلة الابعاد الاصلية من اجزآء هيكل الحيوانات على اقيسة هندسية وكذلك اتجاه انحناء جزء من الهيكل المذكور لاسيما الاجزآء المتلاصقة اعنى المفاصل
وكان هذا المبحث الذى نحن بصدده يعين على التقدم فى العلم المذكور يوجد فيه نتائج عظيمة يعود نفعها على اشغال الصناعة ثم ان الحيوانات عند قضاء شهوتها الطبيعية يصدر عنها عمليات على غاية من التمام لاتعلو الفنون والحرف على المتوسط منها فهى تسلك فيها على منوال الوسايط المتنوعة العجيبة التى اسدتها

الطبيعة

الطبيعة للحيوانات الناطقة وغيرها

ثم ان اسنان الحيوانات التى غذآؤها الكلأ منتظمة غاية الانتظام لاجل مضغ المواد النباتية وجرشها حتى ان شكل اسنانها لا يعتريه اختلال اصلا مع دوام استعمالها فى مضغ الغذآء بخلاف شكل احجار الطواحين فانه يلحقه الاختلال فى اسرع وقت فمن ثم يضطر الانسان الى تجديد هذا الشكل غالبا وذلك بنحت الاحجار ونقرها ليحسن الطحن بها ومن هنا يعلم ان نتائج الفنون والصناعة لا تساوى الآثار الطبيعية ثم ان الخواجه مولارد احد اعضاء جمعية العلماء بباريس اشتغل بصناعة آلات للجرش والمضغ وجعلها على صورة اضراس الخيل بحيث لا تحتاج الاضراس المذكورة الى الاصلاح الذى بدونه لا يكمل الجرش

فاذن تقتضى الصناعة نفسها ان المشرحين والمهندسين والميكانيكيين يجتهدون فى معرفة ابعاد اجزآء الحيوانات المختلفة وانحنائها ووظائفها

ولننتقل الآن من الكلام على هذه الملحوظات العامة المتعلقة باهمية مباحث انحناء السطوح فى الصناعة وفى التاريخ الطبيعى اى علم الحيوانات الى الكلام على الخواص الهندسية التى بها تسهل معرفة اصول هذه الانحناآت وتنوعها فنقول

يمكن أن نرسم بالنسبة الى سطوح النوع الاول قطعا ناقصا واقعا بالتوازى على سطحه (شكل ٢٠) فى ا ب ث د وهذا القطع الناقص من مبدء نقطة ح يكون على صورة جزء من السطح المصنوع بالتوازى لمستوى م ن المماس للسطح المذكور فى نقطة ح والمجاور لمستوى م ن وحيث ان ح و هى المسافة بين نقطة ح والمستوى القاطع وهو م ن فانه اذا مررنا من نقطة ح بجملة دوآئر مراكزها موضوعة على خط ح و العمودى وكذلك من محيط القطع الناقص حدثت سائر الدوآئر المماسة التقريبية للقطاعات المصنوعة فى السطح بمستويات الدوآئر المذكورة

ويمر اصغر هذه الدوائر برأسى ب و د من المحور الصغير من القطع الناقص ويمر اكبرها برأسى ا و ث من المحور الكبير من القطع الناقص المذكور ويوجد فى (شكل ٢٠) مكرر سائر الدوائر الواقعة على مستو واحد مار بعمود ح و ح الذى فى (شكل ٢٠)

فاذن ينتج انه فى سطوح النوع الاول التى انحناؤها على اتجاه واحد يكون اتجاه الانحناء الاكبر وهو ا ب عموديا على اتجاه الانحناء الاصغر وهو ث د

فعلى ذلك يكون اتجاه الانحناء الاكبر فى جميع السطوح التى انحناؤها فى جهة واحدة من كل نقطة عمودا على اتجاه الانحناء الاصغر

وحيث ان محيط القطع الناقص منتظم بالنسبة لمحوريه فان الدوائر المماسة التقريبية المارة بالمحيط المذكور وبعمود ح و ح تكون ايضا متماثلة بالنسبة لمحورى ا ث و ب د اعنى بالنسبة لاتجاهى كل من الانحناء الاكبر والاصغر

فعلى ذلك تكون الانحناآت الغير الاصلية من القطاعات العمودية على السطح وهى الانحناآت الآخذة فى التناقص المستمر من الانحناء الاصغر الى الانحناء الاكبر موضوعة بالتماثل بالنظر لاتجاهى الانحناء الاكبر والاصغر وذلك بالانتقال من كل نقطة من نقط السطح المذكور

واما سطوح النوع الثالث فان المستوى الذى يقطعها قطعا غير متناه بقرب المستوى المماس يحدث عنه قطاع فى الشكل هو عين القطع الزائد ويحدث ايضا عن اتجاه محورى القطع الزائد المذكور اتجاه محورى الانحناء الاكبر والاصغر فتكون الانحناآت الغير الاصلية موضوعة بالتماثل بالنسبة لاتجاه المحورين المذكورين وشكل ٢١ يدل على القطاعين المصنوعين فى ثقب البكرة التى انحناآها متجهان فى جهتين مختلفتين بمستويين موضوعين على القرب من مستوى م ن المماس فى نقطة ح للثقب المذكور ويكون شكل القطاعين المذكورين كشكل قطعين زائدين مبينين ولا بأس

ان يكون هذا الشكل محدبا

ويمكن اعتبار سطوح النوع الثاني كأنها حد مشترك بين النوعين الآخرين وحينئذ يثبت لها الخواص الموجودة في السطوح الاخر بمعنى ان اتجاهاتها سواء كانت كثيرة الانحناء او قليلته تكون عمودية على بعضها في جميع الانحناآت المتوسطة المنتظمة على وجه التماثل بالنسبة للانحناآت الاصلية

وقد اطلقنا قريبا لفظة مبينين على الخطوط المنحنية التي من خاصيتها تبيين حقيقة انحناء السطوح وتناسبها وذكرنا طرق استعمالها في معرفة الخواص اللازمة لانحناء السطوح

ولنفرض الآن انه كلما انتقل الانسان من اول نقطة من نقط اى سطح كان تقدم على حسب اتجاه الانحناء الاكبر وبذلك يرسم خطا فتكون جميع الخطوط المرسومة بهذا الوجه ساترة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء الاكبر

ويقال في عكس ذلك انه كلما انتقل من نقطة مفروضة من نقط اى سطح كان تقدم على حسب اتجاه الانحناء الاصغر وبذلك يرسم خطا ثانيا فتكون الخطوط المرسومة بهذه الكيفية ساترة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء الاصغر

فينتج من ذلك ان خطوط الانحناء الاكبر عمودية على خطوط الانحناء الاصغر

ولخطوط الانحناء خاصية نافعة جدا في الفنون نذكرها لك بدون برهنة فنقول انه اذا امددنا من كل نقطة من نقط خط الانحناء عمودا على السطح فانه يحدث عن هذه الاعمدة سطح يكون بالضرورة منتشرا

وفي اسطوانة (شكل ٢٢) تكون الخطوط الصغيرة الانحناء اضلاعا قائمة لانحنائها واما الخطوط الكبيرة الانحناء فهي القطاعات المصنوعة بمستويات عمودية على المحور وتكون محيطات هذه القطاعات بالضرورة عمودية على ضلع من اضلاعها فاذن تكون خطوط الانحناء الاكبر والاصغر في الاسطوانة على

شكل زاوية قائمة
وفى المخروط (شكل ٢٣) الذى اضلاعه عين خطوط الانحناء الاصغر تحصل خطوط انحنائه الاكبر بهذه الكيفية وهى ان نضع طرف البيكار على رأس المخروط ثم نرسم فى الطرف الآخر منه منحنيات متنوعة بقدر انفراجات البيكار المختلفة بشرط أن تكون عمودية على الاضلاع لانه عند انتشار المخروط تصير هذه المنحنيات دوائر تكون اضلاعها انصاف اقطار
وفى سطوح الدوران تكون دوائر انصاف النهار خطوط احد الانحنائين وتكون المتوازيات خطوط الانحناء الآخر ومن المقرران دوائر انصاف النهار فى جميع اتجاهها عمودية على المتوازيات السابقة
وقد اجاد المعلم منج الشهير فى تطبيق الخواص التى سبق سردها على عملية قطع الاحجار حيث قال اذا اريد نحت قبوات منحنية الشكل فان تلك القبوات تقسم بالتناسب الى منازل صغيرة جدا بحيث يمكن اخراج كل منزل منها من حجر واحد
و بعد عمل جزء الحجر الدال على المنزل الاول وتشكله بالشكل الذى يناسب سطح القبوة تعمل الاوجه المسماة بالالتحامات التى على حسبها تلتصق احجار العقد بعضها ويجب لاجل استيفاء الشروط اللازمة لذلك امران احدهما أن يكون شكل اوجه الالتحام بسيطا محكم الصناعة والثانى أن يكون مجموعها فى غاية من الصلابة الا ان هذا الامر الثانى يقتضى ان اوجه الالتحام تكون عمودية على منحنى القبوة وكيفية ذلك سهلة وهى انه اذا حدثت زاوية منفرجة عن وجه التحام حجر العقد مع القبوة المذكورة فان حجر العقد المجاور لهذا الحجر يحدث عنه مع القبوة المذكورة زاوية حادة و بسبب الضغط يهدم حجر العقد المنتهى بضلع منفرج حجر العقد المنتهى بضلع حاد و يفتته اذا كان الضغط قويا او يفلقه و يكسره اذا كان الضغط خفيفا ولاجل السهولة والاختصار فى ذلك ينبغى عمل الالتحامات مستوية اومنتشرة فاذا اختير هذا الشكل امكن أن نصنع من الورق اوالمقوى اونحو ذلك من الاجسام القابلة للثنى والانعطاف فرخا مستويا

له محيط مضبوط يلايم وجه الالتحام ويكفي تنبيه على وجه لائق لينظر هل ينطبق في سائر اجزائه على وجه الالتحام الذي يكون عموديا على القبوة بواسطة المسطرة المثلثية ام لا

وحيث ان الامرين السابقين يستلزمان ايجاد سطوح منتشرة عمودية على القبوة وعلى بعضها ايضا يستلزمان كذلك أن نجعل خطوط انحناء سطح القبوة هي خطوط التحامه

فعلى ذلك اذا رسمنا سطوحا اسطوانية (شكل ٢٤) فاننا ننتخب التحاماتها فننتخب في الاتجاه الاول الاضلاع المتوازية التي على بعد واحد من بعضها وهي خطوط الانحناء الاصغر وننتخب في الاتجاه الثاني الخطوط المنحنية العمودية على هذه الاضلاع وهي خطوط الانحناء الاكبر ثم ان سطوح الالتحام الحادثة عن الخطوط العمودية من السطح بموجب الاضلاع او المنحنيات المذكورة هي سطوح مستوية تتقاطع في زاوية قائمة وبذلك يكون شغل قطاع الاحجار سهلا بقدر الامكان

واذا اصنعنا سطوحا مخروطية (شكل ٢٥) كالابواب والشبابيك الواسعة وطاقات المدفع المقبية مثل طاقات الحفر الارضية وغير ذلك فانا نجعل خطوط التحامها اضلاع المخروط والمنحنيات العمودية على هذه الاضلاع

واذا اريد صناعة قبوة على شكل سطح دوران (شكل ٢٦) كقبة مثلا فاننا نرسم على القبوة المذكورة طبقات منتظمة مركبة من دوائر عمودية ومن متوازيات فيحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه دائرة عمودية مستويات وهذه المستويات هي خطوط الالتحامات المنتصبة لاحجار العقد ويحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه الخطوط المتوازية اشكال مخروطية وهي التحامات الجهة الافقية وتكون تلك الالتحامات منتشرة لانها مقابلة لخطوط الانحناء وبالجملة فالالتحامات المخروطية تكون مقطوعة في زاوية قائمة بالالتحامات المستوية التي هي مستويات دوائر عمودية بالنظر للمخاريط

والى هنا تم ما اوردته للمؤلف منج من التطبيق [illegible]
فلا شك انه جدير بأن يستفاد منه اهمية مبحث انحناء السطوح [illegible]
الاصلية فى الفنون والصنائع ومدخليته فيها وكذلك الفنون المستطرقة [illegible]
فيها مدخلية عظيمة تعود عليها بالنفع

وذلك انه بتنوع الضوء والظلال نعرف بمجرد النظر النقط البارزة او المضيئة
وكذلك الاضلاع المبينة والمحيطات الظاهرية التى تخصص صور الاجسام
بخواصها ونستعين فى الاجزاء التى ليس فيها نقطة متناوة ولاخط كذلك بآثار
الظل والضوء بينة كانت اوغير بينة على تمييز صور الاجسام وجنسها ودرجة
انحنائها فى كل جزء من اجزاء سطحها

وليست منفعة هذا المبحث مقصورة على ارباب الحرف بل تعم ايضا اهل الصنائع
على اختلافها حيث يكتسبون منه معارف سهلة مضبوطة كاملة فى شأن
حقيقة شكل الاجسام التى يعتنون بها لحاجتهم او لمجرد النزاهة

ولنبين كيفية الوقوف على انحناء السطوح بالمشاهدة فنقول

لنفرض ان كرة آ ب ث مضيئة باشعة شمسية على اى اتجاه كان ولنبدأ
برسم خط انفصال الظل من الضوء وهو لَ لَ لَ بمقتضى القواعد
المذكورة فى درس (١٤) ونبين الجزء الذى فى الظل بخطوط سود فيكون
الجزء المضيء هو لَ لَ لَ ب ث لاغير (شكل ٢٧) فعلى ذلك
يظهر لنا القمر فى تشكلاته المختلفة من اول استهلاله كما فى (شكل ٢٩)
الى التربيع الاول كما فى (شكل ٢٨) الذى يظهر فيه نصفه منيرا والنصف الآخر
مظلما ثم يصير على الهيئة التى فى (شكل ٢٧) قبل أن يتكامل نوره ويصير
قمرا كاملا وفى ذهابه يكون مكسوفا بحيث لايرى الراصد له نورا فاذا لم نعتبر
الا الجزء المنير وهو لَ لَ لَ ب فلا مرجع لنسبته للكرة دون السطح
الممتد او المفرطح فى جهة الشعاع النظرى وهاك الكيفية التى يعرف بها مقدار
هذا التفاضل

وحاصلها ان السطح المعتبر كأنه مرآة منيرة يوجد فيه نقطة وهى نقطة و

كما في (شكل ٢٧) يرى الراصد منها صورة الشمس او الجسم المضيء وهذه النقطة هي التي ينعكس فيها الضوء العظيم بالسطح ولذا سميت بالنقطة المنيرة فيلزم اذن تحديد وضعها ويسهل ذلك ان امكن مد خط عمودي في نقطة و على سطح الجسم فحينئذ يكون اولا كل من الشعاعين العارض والمنعكس في مستو واحد كالعمود المذكور وثانيا يحدث عن تلاقيهما مع هذا العمود زاوية واحدة وبموجب هذين الامرين تفيدنا الهندسة الوصفية طريقة ايجاد النقطة المنيرة من سائر السطوح المتنوعة بالنسبة لموضع معلوم للنظر واتجاه متحد للاشعة فكلما اتصلت هذه الاشعة بالسطح وكان اتصالها به على شكل زاوية كثيرة الانحراف وكانت في انعكاسها كذلك كثر تشتيت النور واخذ في التناقص وصار السطح قليل النور

ومن المعلوم انه يمكن أن نرسم حول نقطة و جملة خطوط يظهر فوق محيطها للراصد ان النور المنتشر فوق الجسم واحد وهذه الخطوط تسمى بالخطوط المتساوية اللون فاذا رسمت يكفي ان نلونها بعدة الوان قوية او ضعيفة على حسب درجة الضوء المقابل لكل خط فحينئذ يلون مع الضبط التام النور المتناقص بالتدريج فوق جزء السطح المنير

ويعرف بشكل هذه الخطوط ووضعها حقيقة انحناء سطحها ونوعه ولها علامة سهلة يعرف بها الاسطوانات والمخاريط وجميع السطوح المنتشرة وعلامة اخرى يعرف بها الكرة وسطوح الدوران والسطوح الحلقية وعلامة ثالثة يعرف بها السطوح الحلزونية والسطوح المعوجة وما اشبه ذلك

ثم ان تلك الخطوط التي ذكرناها وان كانت غير مشاهدة في الاجسام لاسيما والوانها التي خصصتها بها القدرة الالهية تتناقص تناقصا متواليا على وجه غير محسوس ولا متناه الا ان النظر قد تعود على تمييز هذه الاشكال التي اختلاف تشكلها في الظل والضوء انما هو من اختلاف انواع السطوح

ومع ذلك فيشاهد في هذا المعنى تفاوت عظيم في المهارة التي اكتسبها الناس على اختلاف درجاتهم بحسب ما عودتهم عليه صنائعهم من اعتبار بعض سطوح

[illegible] والنحاس والسمكرى وصانع المكاتيل كانهم [illegible]
[illegible] هل سطوحهم اواجزاؤها اسطوانية اومخروطية او [illegible]
ذلك اولا بخلاف غيرها فهم فيه دون ذلك

وكذلك خراطو الاخشاب والمعادن وصانعو الفخار والفرقورى وغيرهم ممن يصنع دائما سطوح الدوران فانهم يعرفون من اول وهلة بدون مس هل سطوحهم او جزء منها من سطح الدوران اولا وهل بعض اجزائها ممتد او مقعر او طح بخلاف غيرها من الاشكال فهم فيه اقل مهارة

وكذلك المعمارجية فانهم يعرفون على ما ينبغى اشكال الاسطوانات والمخاريط المماثلة لاسطوانات قبوات العمارات ومخاريطها و يعرفون ايضا سطوح الدوران المشابهة لسطوح القبوات والاعمدة بخلاف غيرها من السطوح الاجنبية عن اشغالهم فليس لهم بها معرفة على ما ينبغى

فمن المهم ان تعوّد الامة بتمامها على ان تعرف بمجرّد النظر حقيقة نوع السطوح وكيفية صناعتها ما لقاسوا بلغت درجة الكمال ام لا لما ان ذلك وسيلة سريعة فى تقدم الصناعة والفنون المستظرفة وسنبسط الكلام على ذلك بملاحظات ومباحث وسنشرح ذلك تفصيلا عند الكلام على الملحوظات والمباحث التى بها تتسع دائرة الادراك وتعيننا على ادارة اشغالنا (راجع المجلد الثالث فى الكلام على القوى المحرّكة)

وينبغى للنقاشين أن يتعوّدوا على أن يميزوا بمجرّد النظر فى كل جزء من السطح الذى يريدون نقشه هل انحناآه على اتجاه واحد او مختلفان وأن يميزوا ايضا اتجاه الانحناء الاكبر من اتجاه الانحناء الاصغر وأن يبينوا على السطوح استقامات الانحناء الاكبر والانحناء الاصغر لتتيسر لهم العلامة العامة الدالة على السطوح التى يفرضونها او ينقلون صورتها فبذلك تكون اشغالهم صحيحة مضبوطة

وينبغى كذلك للمصوّر الذى يرسم بواسطة الالوان مجسمات ذات ثلاثة ابعاد على سطوح ليس لها الابعدان أن يقف على حقيقة وضع المقدار اللازم من الالوان

لكى

